

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی قزوین

دانشکده بهداشت

# ارزیابی پارامترهای موثر بر کارایی در طراحی سایلنسر جذبی جهت کنترل صدای ناشی از جریان هوای فن ساختریفوژ

استاد راهنما

دکتر علی صفری واریانی

استاد مشاور

دکتر سعید احمدی

دکتر احمد نیک پی

نگارش

رشید فتحی چسلی

پاییز ۱۳۹۷



## بیان مسئله و مقدمه

✓ صدا یکی از مهمترین عوامل زیان آور در محیط کار و فراگیرترین عامل فیزیکی تهدید کننده سلامت شاغلین محسوب میشود.

✓ صدا علاوه بر ایجاد عوارض شغلی، کاهش راندمان بهره وری، میتواند موجب افزایش ریسک و وقوع حوادث و خطا به علت کاهش تمرکز در محیط کار شود.

✓ و نیز صدا میتواند بر محیط زیست، ساکنین و گونه های مختلف حیوانات اطراف صنایع نیز آثار ناخوشایندی داشته باشد



## بیان مسئله و مقدمه

✓ مطالعات مختلف حاکی از در معرض بودن افراد زیادی با سر و صدای صنعتی است به گونه ای که تقریباً ۶۰۰ میلیون کارگر در جهان در معرض صدای ناشی از محیط کار قرار دارند .

✓ در ایران براساس برآورد علمی و مقایسه کشورهای مشابه و در نظر گرفتن جمعیت کارگران کشور میتوان گفت ۲ میلیون شاغل در معرض صدای زیان آور در محیط کار قرار دارند.



## بیان مسئله و مقدمه

✓ طبق مطالعاتی که در صنعت انجام گرفته، مشخص شده است که صدا یکی از عوامل اصلی نارضایتی و ناراحتی بین کارگران صنایع است.



## بیان مسئله و مقدمه

✓ امروزه بیشتر مشکل صدا در محیط کار مربوط به منابع تجهیزاتی و فرایندی می-باشند، از نقطه نظر صنعتی منشاء وجود صدا در تجهیزات به چندین عامل از جمله ماهیت ساختاری و مکانیکی دستگاه، استهلاک قطعات، عملکرد نامناسب قطعات متحرک، فوندانسیون ضعیف و در نتیجه ارتعاش ساختاری دستگاه مربوط می شود.



## بیان مسئله و مقدمه

✓ بر اساس تقسیم بندی سازمان بهداشت جهانی، فن ها یکی از منابع صوتی می باشد، به دلایل استفاده روز افزون باعث تولید آلودگی صوتی با فرکانس -های پائین در صنایع گردیده است.



## بیان مسئله و مقدمه

✓ از فن ها که برای انتقال حجم زیادی از هوا برای تهویه، جمع آوری گردوغبار، عملیات خشک کردن و غیره مورد استفاده قرار می گیرند، به دو طریق گریز از مرکز و جریان محوری موجب جابجایی هوا می شوند و موجب تولید صدا می گردند.





## بیان مسئله و مقدمه

✓ فن ها به دودسته کلی ی سانتریفوژی و محوری تقسیم می شوند.

✓ فن های محوری: فن های محوری به این دلیل که جریان هوا در امتداد محور فن عبور می کند، این نام را گرفته اند.

✓ فن های گریزاز مرکز: فنهای گریزاز مرکز سه نوع اند، فن شانتریفوژ با تیغه های خمیده به عقب، فن شانتریفوژ با تیغه های خمیده به جلو و فن شانتریفوژ با تیغه شعاعی.



## بیان مسئله و مقدمه

✓ صدای تولید شده توسط فن ها می تواند ناشی از صدای آیرودینامیکی و غیر آیرودینامیکی باشد.

ارزیابی پارامترهای موثر بر کارایی در طراحی سایلنسر پخشی جهت کنترل صدای ناشی از جریان هوای فن سانتریفیوژ



## بیان مسئله و مقدمه

✓ شایع ترین علل صدا در فن ها وجود مشکلات مکانیکی- غیر آیرودینامیک است که به عدم بالانس فن، صدای بلبرینگ، صدای موتور، رزونانس ساختاری یا پیکری مربوط می شود، صدای آیرودینامیک تولید شده توسط فن ها شامل صدای با باند پهن که ناشی از توربولانت و آشفتگی ورودی است.



## بیان مسئله و مقدمه

✓ یکی از روش کنترل مهندسی صدا، کنترل درمسیر است که اغلب برای کنترل صدای فن ها از سایلنسر استفاده میشود.

✓ اساس طراحی سایلنسر ها بر مبنای کنترل فعال و غیر فعال صدا است و سایلنسر های غیر فعال به دو دسته ی واکنشی و جذبی طبقه بندی می شوند



## بیان مسئله و مقدمه

✓ اساس کنترل در سایلنسر جذبی جلوگیری از عبور امواج صوتی با استفاده از مواد جاذب صداست و با استفاده از مواد جاذب صدا در دیوارهای داخلی، انرژی صوتی را به گرما تبدیل می کنند و از بین می برند.



## بیان مسئله و مقدمه

✓ طراحی مناسب سیستم سایلنسر دارای الزاماتی از قبیل الزامات آکوستیکی، آیرودینامیکی، هندسی، مکانیکی و مواد و اقتصادی است، الزامات اقتصادی یکی از مهمترین آنها است.

✓ **با توجه به وجود دانش تئوری و نبود اطلاعات و تجربیات عملی در طراحی سایلنسر ها، هدف مطالعه حاضر بررسی عملکرد سایلنسر جذبی در کنترل آلودگی صوتی با تغییر برخی پارامترهای تاثیرگذار می باشد.**



## اهداف پژوهش

هدف کلی: ارزیابی پارامترهای موثر بر کارایی در طراحی سایلنسر جذبی جهت کنترل صدای ناشی از جریان هوای فن سانتریفیوژ



## اهداف پژوهش

### اهداف اختصاصی:

- تعیین اثر جاذب اسفنج و فوم پلی یورتان بر کارایی سایلنسر.
- تعیین اثر فاصله نصب سایلنسر تا فن بر کارایی سایلنسر.
- تعیین اثر قطر روزنه ورق پا خج شده بر کارایی سایلنسر.
- تعیین اثر فضای خالی بین پرفریت و جاذب بر کارایی سایلنسر.
- تعیین اثر ضخامت پوسته خارجی بر کارایی سایلنسر.
- تعیین حداکثر کارایی سایلنسر در فرکانسهای مختلف.





## اهداف پژوهش

**هدف کاربردی:**

**ساخت سایلنسر با حداکثر کارایی مطلوب جهت ارایه به صنعت و مراکز مختلفی که به آن نیاز دارند.**



## فرضیات

- ✓ با تغییر نوع ماده جاذب میزان افت الحاقی صدا تغییر می یابد.
- ✓ با افزایش فاصله نصب سایلنسر تا فن میزان افت الحاقی صدا تغییر می یابد.
- ✓ با تغییر قطر روزنه ورق سوراخدار (پانچ شده) میزان افت الحاقی صدا تغییر می کند.
- ✓ با افزایش فضای خالی بین ورق پانچ شده و ماده جاذب میزان افت الحاقی صدا تغییر می کند.
- ✓ با تغییر ضخامت پوسته خارجی سایلنسر میزان افت الحاقی صدا تغییر می کند.



## مروری بر مطالعات و متون گذشته

مطالعه‌ای با عنوان بررسی تأثیر استفاده از سایلنسر جذبی برای فن محور مرکزی در کاهش صدای کانال ورودی هوای فن دمنده سانتزیفوژ در یافت با استفاده از جاذب های مناسب و تغییر ضخامت و یا دانسیته می‌توان به شرایط بهینه‌ای جهت کاهش صدای ناشی از جریان هوا در خروجی ها دست یافت.	فروهر مجد وهمکاران	در سال ۱۳۹۵
--	-----------------------	----------------

مطالعه‌ای با عنوان خصوصیات جذب صوتی مواد ساختمانی رایج در بناهای صنعتی و اداری کشور انجام دادند دریافتند ضخامت ماده جاذب به عنوان یک فاکتور تعیین کننده در کارایی جذب صوت است.	علی آبادی وهمکاران	در سال ۱۳۹۵
--	--------------------	----------------

مطالعه‌ای با عنوان بررسی برخی عوامل موثر بر عملکرد سایلنسر ها با استفاده از تحلیل عددی پرداخت. نتایج این بررسی نشان داد که بکار بردن ماده جاذب صدا، توان استهلاکی را افزایش داده و فرکانس تشدید را از بین می برد و با تغییر میزان فشردگی ماده جاذب صدا، مقدار توان استهلاکی تا حد معینی متناسب با فشردگی ماده جاذب افزایش می یابد	رضوی وهمکاران	سال ۲۰۰۵
---	---------------	----------



## مروری بر مطالعات و متون گذشته

مطالعه‌ای با عنوان کاهش نویز موتور کمکی هواپیما با استفاده از مافلر سوراخدار انجام داد دریافت که افزایش طول سایلنسر و تقسیم محفظه سایلنسر به ابعاد کوچک تر و بیش تر باعث افزایش افت انتقال صدا و افزایش تعداد بافل ها و قطر روزنه های ورق پانچ شده تاثیر کمی بر میزان افت انتقال صدا داشت.

مهدی وهمکاران ۱۳۹۲ سال

Selamet وهمکاران در سال 2004، مطالعه ای با عنوان تضعیف سازی صدا در سایلنسر جذبی پانچ شده با رویکرد آنالیزی انجام دادند که افزایش پارامترهایی از قبیل مقاومت جریان ماده جاذب، درصد تخلخل لوله پانچ شده، طول سایلنسر و ضخامت ماده جاذب باعث افزایش افت انتقال صدا و تنها افزایش شعاع محفظه سایلنسر باعث کاهش افت انتقال صدا گردید

بررسی تاثیر ورق پانچ شده بر عملکرد سایلنسر مکعب مستطیل انجام داند و دریافتند که با افزایش درصد تخلخل ورق پانچ شده و کاهش مقاومت جریان ماده تاثیر ناچیزی بر میزان افت تعبیه شده داشت. افزایش پارامترهای ضخامت ورق پانچ شده و طول سایلنسر، ضخامت ماده جاذب و کاهش عرض سایلنسر باعث کاهش افت تعبیه شده گردید.

۱۹۹۳

Ramakrishna و  
همکاران



## مروری بر مطالعات و متون گذشته

Youngwood و همکاران در سال ۲۰۰۷ طی مطالعه‌ای به بررسی امکان استفاده از پارچه میکرو فیبر به عنوان جاذب صدا پرداخته اند، نشان دادند تاثیر دانسیته پارچه میکرو فیبر در کاهش صدا بیشتر از ضخامت پارچه و یا وزن آنست

Seddeq و همکاران در سال ۲۰۰۹ ماده جاذب نتیجه بهتری در فرکانس‌های پایین تر از ۵۰۰ هرتز و چگالی‌های بالاتر عملکرد بهتری در فرکانس‌های بالاتر از ۲۰۰۰ هرتز را نشان میدهد.

Phong و همکاران در سال (۲۰۱۲) مطالعه‌ای با عنوان کاهش انتقال آکوستیکی در ورق‌های سوراخدار با ضخامت، اندازه سوراخ و درصد تخلخل مختلف انجام دادند که در این مطالعه به بررسی کیفیت پاسخ آکوستیکی ورق‌های سوراخدار از طریق کاهش انتقال و ضریب جذب پرداخته شد و دریافتند که ارتباط قوی بین کاهش انتقال با ضخامت ورق سوراخدار، قطر روزنه و درصد تخلخل را نشان نمی دهد کیفیت پاسخ آکوستیکی پرفریت از طریق کاهش انتقال و ضریب جذب بررسی شد.



## مواد و روش کار

✓ نوع مطالعه : تجربی-کاربردی

✓ مکان پژوهش : آزمایشگاه عوامل فیزیکی دانشکده بهداشت

✓ آنالیز آماری : با استفاده از نرم افزار EXCEL خواهد شد.



## مواد و روش کار

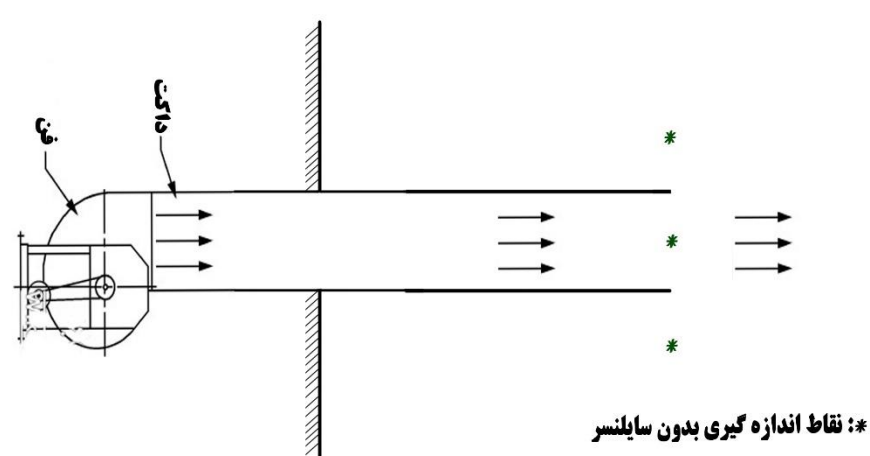
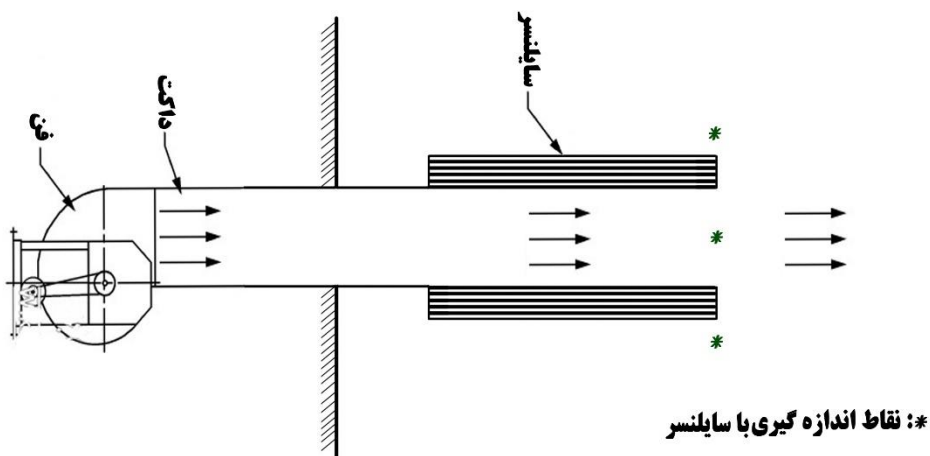
- ✓ روش کار به ترتیب طی چهار مرحله به شرح زیر می باشد:
- ✓ اندازه گیری و آنالیز فرکانس صدای فن مورد آزمایش.
- ✓ طراحی و تامین اجزا و قطعات مورد نیاز جهت ساخت سایلنسر.
- ✓ ساخت سایلنسرهای مورد نیاز.
- ✓ اندازه گیری صدای زمینه و تست عملکرد سایلنسرها.



## مواد و روش کار

✓ اندازه گیری و آنالیز فرکانس صدای فن مورد آزمایش :

این اندازه گیری با نصب فن در محل مد نظر در خارج از آزمایشگاه عوامل فیزیکی در مکانی که تست عملکرد سایلنسر انجام خواهد شد، مطابق اشکال زیر در حالت های دمش و مکش انجام گرفت.



شکل ۲: نقاط اندازه گیری با سایلنسر

شکل ۱: نقاط اندازه گیری بدون سایلنسر





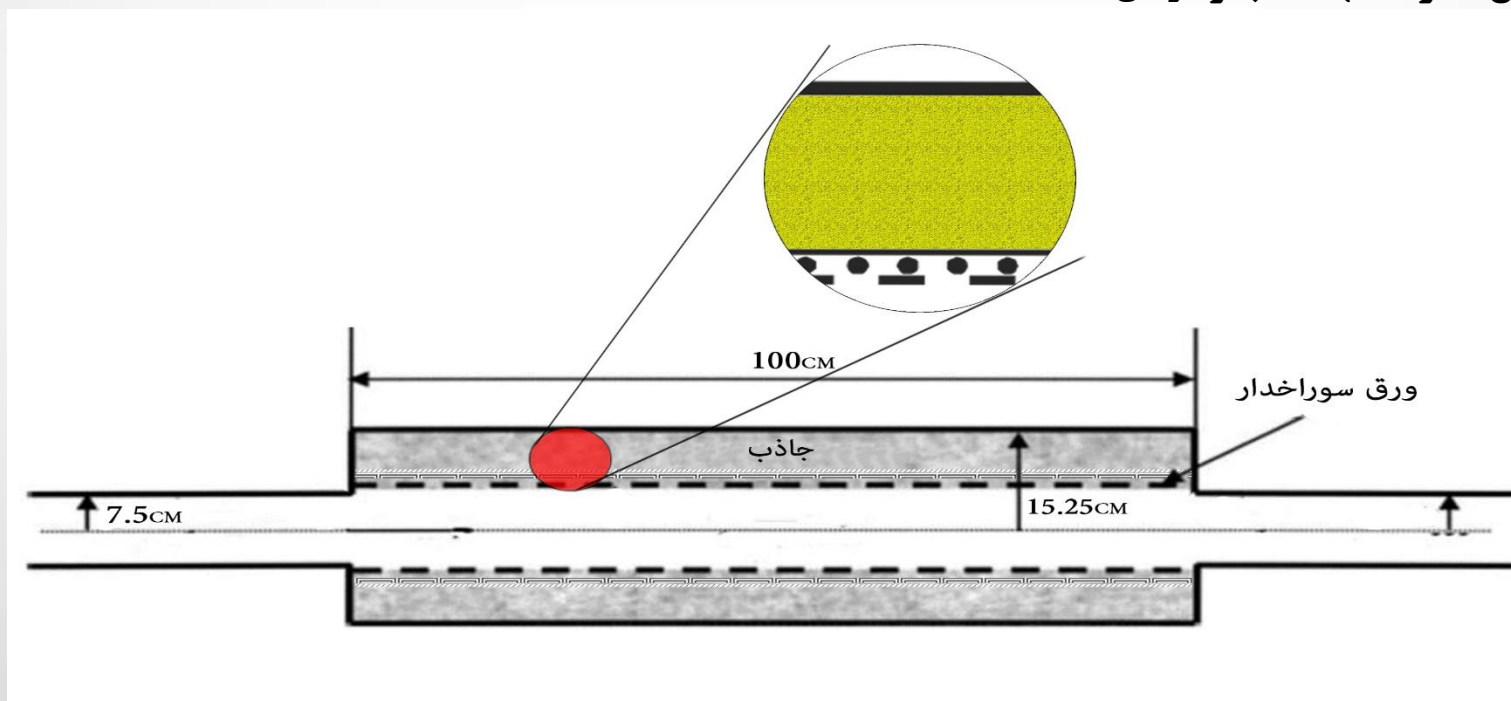
## مواد و روش کار

✓ محاسبات طراحی

✓ طول سایلنسر:

طول سایلنسر با توجه به نتایج مرحله قبل و طول موج فرکانس غالب و عدد ماخ به استناد نمودار ۹-۲۱ کتاب مرجع)

رفرنس شماره ۵۵) محاسبه و طراحی شد.

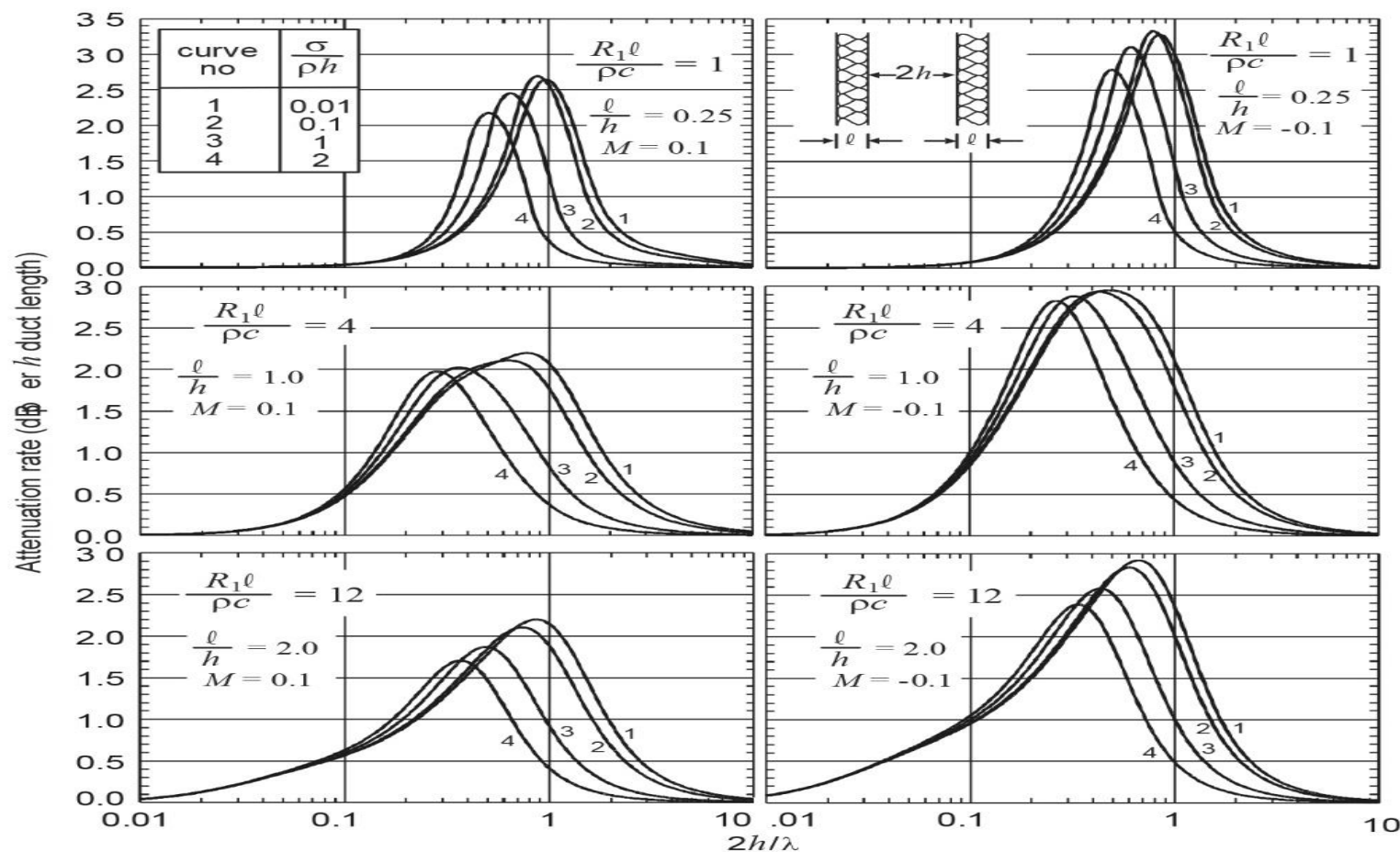




## مواد و روش ها

محاسبات طراحی ✓

طول سایلنسر: ✓



**Figure 9.21** Predicted octave band attenuations for a rectangular duct lined on two opposite sides. Lined circular ducts or square ducts lined on all four sides give twice the attenuation shown here. The quantity  $\rho$  is the density of fluid flowing in the duct,  $c$  is the speed of sound in the duct,  $\ell$  is the liner thickness,  $h$  is the half width of the airway,  $\sigma$  is the surface density of a limp membrane covering the liner,  $R_1$  is the liner flow resistivity. Bulk reacting liner with various densities of limp membrane or equivalent perforated sheet ( $\sigma/ph = 0.01$  to 2). Mean flow of Mach number,  $M = 0.1$ . For the figures on the left, the flow is in the same direction as sound propagation and for the figures on the right, the flow is in the opposite direction to sound propagation.



## مواد و روش کار

### محاسبات طراحی ✓

✓ لایه اول (پوسته درونی): پوسته درونی سایلنسر طراحی شده، که از ورق سوراخدار از جنس فلز آهن سیاه ی پانچ شده به ضخامت ۲ میلیمتر با سوراخ هایی به قطر ۲، ۴ و ۶ میلی متر و با درصد تخلخل ثابت ۴۰ درصد می باشد؛ محاسبه درصد تخلخل با توجه رابطه ۲ صورت گرفت.

$$\sigma = \frac{R^2 \times 90/89}{T^2} \quad \text{رابطه (۲)} \quad \checkmark$$

$$R = \text{قطر سوراخ (میلی متر)} \quad \checkmark$$

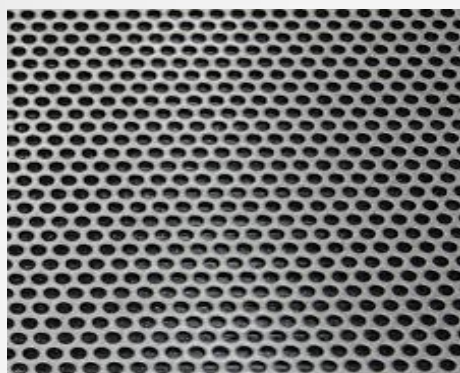
$$T = \text{فاصله مرکز تا مرکز سوراخهای دو ردیف متوالی (میلی متر)} \quad \checkmark$$

$$\sigma = \text{میزان تخلخل (درصد)} \quad \checkmark$$

✓ سپس با توجه به اطلاعات و مشخصات مورد نیاز جهت طراحی ورق سوراخدار که در سایلنسر بشکل لوله گرد از آن استفاده می شود، طراحی ورق سوراخدار بوسیله نرم افزار Solid work طراحی و پس از آن نقشه دو بعدی طراحی شده جهت اجرا وارد دستگاه CNC گردید، سوراخکاری لیزری انجام شد.

## مواد و روش کار

### محاسبات طراحی:



۶ میلی متر



۴ میلی متر



۲ میلی متر

شکل ۳: نمونه ورق سوراخدار مورد استفاده با تخلخل ۴۰ درصد و قطر سوراخ ۲، ۴ و ۶ میلی متر

## مواد و روش کار

✓ محاسبات طراحی

✓ لایه دوم- توری مرغی:

✓ توری مرغی به ضخامت امیلیتر و دارای چشمه های لوزی شکل، استفاده از این لایه جهت ایجاد فاصله به منظور جلوگیری از

فرسایش جاذب و بررسی تاثیر گذاری آن بر میزان افت الحاقی می باشد



شکل ۴: نمونه توری لوزی شکل مورد استفاده در ساینسر طراحی و ساخته شده



## مواد و روش کار

✓ محاسبات طراحی

✓ لایه سوم - پارچه فایبرگلاس :

✓ پارچه فایبرگلاس با ضخامت کمتر از ۳ میلی متر که دانسیته سطحی آن با توجه به شعاع کانال ورودی و خروجی (h)، دانسیته هوا (ρ)، میزان افت مورد نیاز، آنالیز فرکانس انجام شده، مشخص شدن فرکانس غالب و استفاده از نمودار های ۹/۲۱ و با توجه به رابطه (۴) مشخص گردید.

$$\frac{\sigma}{\rho h} = ۰/۱ \text{ تا } ۲ \quad \text{رابطه (۴)}$$

$\sigma$  = دانسیته سطحی پارچه (کیلوگرم بر مترمربع )

$\rho$  = دانسیته هوا (کیلوگرم بر مترمکعب )

$h$  = شعاع کانال عبور هوا (متر)



## مواد و روش کار

✓ محاسبات طراحی

✓ پارچه فایبر گلاس مورد استفاده در سایلنسر های ساخته شده با ضخامت ۰/۲۴ میلی مترو دانسیته سطحی برابر با ۰/۳۸ کیلو گرم بر متر مربع بوده است.



شکل ۵: نمونه ای از پارچه فایبر گلاس مورد استفاده



## مواد و روش کار

### ✓ محاسبات طراحی

✓ لایه چهارم – مواد جاذب:

✓ مواد جاذب مورد استفاده با مقاومت جریان (R1) و ضخامت مشخصی می باشد. انتخاب بهینه مشخصات، پس از آنالیز فرکانس و مشخص شدن فرکانس غالب (f)، دانسیته هوا (p)، سرعت صوت در دمای آزمایشگاه، ضخامت لایه سوم (L) و با استفاده از نمودار های ۹/۲۱ و رابطه زیر ضخامت جاذب (La) تعیین گردید:

$$La=4R1 \text{ L/pc}$$

رابطه (۵)

جاذب های مورد استفاده در این طرح از فوم پلی یورتان با چگالی ۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب و ضخامت ۶ سانتی متر و اسفنج با چگالی ۱۷/۷ کیلوگرم بر مترمکعب و ضخامت ۶ سانتیمتر استفاده شده است .



## مواد و روش کار

✓ محاسبات طراحی

✓ لایه چهارم - مواد جاذب:



شکل ب: جاذب اسفنج



شکل الف: جاذب فوم پلی یورتان

شکل ۶ الف و ب: نمونه ای از فوم پلی یورتان و اسفنج مورد استفاده



## مواد و روش کار

✓ محاسبات طراحی

✓ لایه پنجم - پوسته بیرونی:

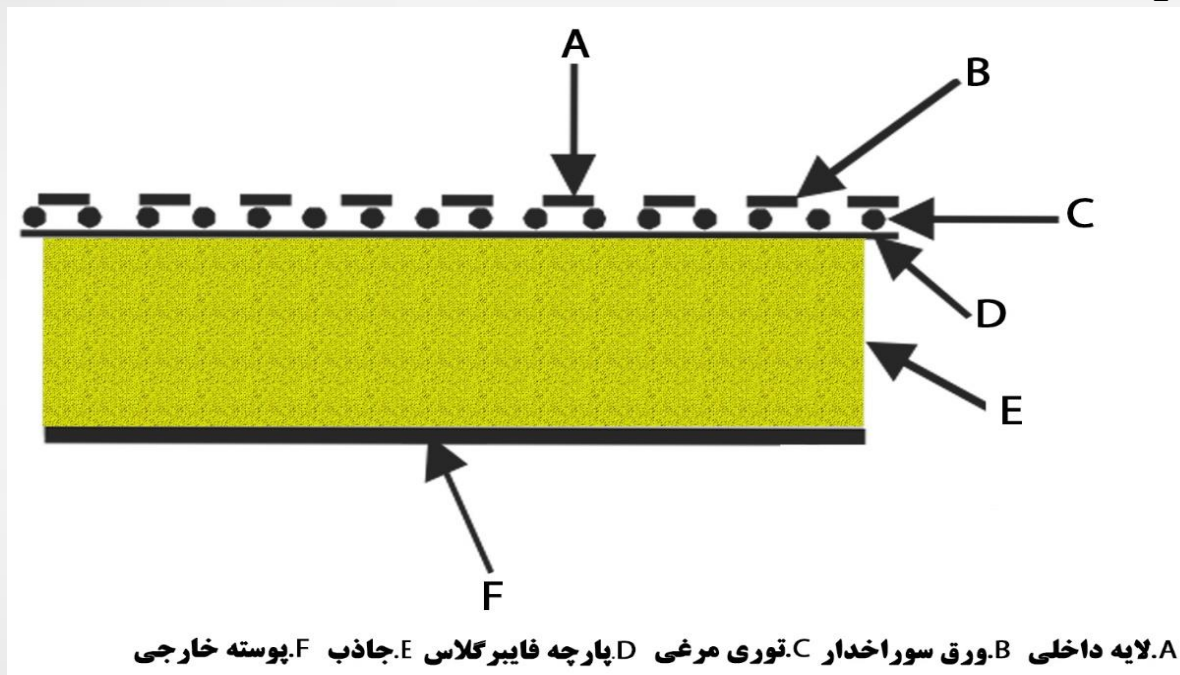
پوسته بیرونی از جنس آلومینیوم با ضخامت ۱، ۵ / ۱ و ۲ میلیمتر انتخاب شد که از لحاظ سبک سازی مد نظر قرار گرفته است.

✓ لایه بندی سایلنسر:

همانگونه که بیان گردید، سایلنسر از لایه های مختلفی که هر کدام کارایی خاص خود را دارند، طراحی و ساخته شد. که مشخصات و چیدمان لایه های ۵ گانه به ترتیب از سمت داخل به بیرون به شرح شکل ۳-۵ میباشد:

## مواد و روش کار

✓ لایه بندی سایلنسر:



شکل ۳-۵ لایه بندی سایلنسر



## مواد و روش کار

### ✓ مرحله سوم - ساخت:

در این مرحله ابتدا با توجه مشخصات مرحله طراحی و محاسبات فنی که از مرحله طراحی بدست آمده است، جهت ساخت اجزای سایلنسر اقدام شد که با توجه به امکانات و ظرفیت های فنی موجود در استان از جاهای مختلف اقدام به تهیه و ساخت گردید.



## مواد و روش کار

✓ مرحله سوم - ساخت:

✓ طول سایلنسر:

با توجه به جداول ۱-۳ و ۲-۳ فرکانس غالب ۵۰۰ هرتز می باشد و با توجه به دمای آزمایشگاه که ۲۴ درجه سانتی گراد اندازه گیری شده است، سرعت صوت ۳۴۶ متر بر ثانیه می باشد، بنابر این طول موج فرکانس غالب برابر با  $692/0$  متر می باشد. که  $2h/\lambda$  برابر  $0/22$  می باشد و عدد ماخ با توجه به رابطه (۱) برابر با  $0/064$  متر بر ثانیه بدست می آید، لذا به استناد نمودار ۹-۲۱ کتاب مرجع مقدار کاهش صوت ۳ دسیبل به ازای یک طول سایلنسر است که با توجه به طول سایلنسر که ۱۰۰ سانتی متر است، پیش بینی می شود که مقدار افت سایلنسر ۲۱ دسی بل باشد.



## مواد و روش کار

### ✓ مرحله سوم - ساخت:

### ✓ ساخت لایه اول سایلنسر (لایه داخلی) ورق سوراخدار:

همانگونه که در مرحله قبل هم اشاره گردید طراحی ورق های سوراخدار بوسیله نرم افزار solid work طراحی و پس از آن نقشه دو بعدی طراحی شده جهت اجرا وارد دستگاه پانچ لیزری CNC گردید تا سوراخکاری بر اساس نقشه ها که دارای قطر روزنه و درصد تخلخل مشخصی بودند، انجام شد. سپس شکل دهی آنها با استفاده از دستگاه نورد آهن با قطر داخلی ۱۵ سانتی متر و طول ۱۰۰ سانتی متر بشکل لوله گرد نورد داده شد. و سپس با استفاده جوش برقی درز طولی آن جوشکاری گردید. این لایه که به لوله پانچ نیز معروف است، بتعداد ۳ عدد با قطر روزنه ۴،۲ و ۶ سانتی متر و با درصد تخلخل مساوی برای هر سه لوله به میزان ۴۰ درصد است، ساخته شد.



## مواد و روش کار

✓ مرحله سوم – ساخت:

✓ ساخت پوسته خارجی سایلنسر:

جنس پوسته خارجی که از جنس ورق آلومینیومی است، از بازار تهیه و با توجه به محاسبات انجام گرفته در مرحله طراحی، با ضخامت های ۱، ۱/۵ و ۲ میلی متر، به طول ۱۰۰ سانتی متر و قطر خارجی و داخلی به ترتیب ۳۳ و ۳۱ سانتی متر بوسیله دستگاه کاتر برشکاری آن انجام گردید و سپس با استفاده از دستگاه نورد آلومینیوم، خم کاری آن انجام گرفت سپس با استفاده از جوش مخصوص آلومینیوم، جوشکاری قسمت های مختلف انجام گرفت، با توجه به ویژگی ورق های مورد استفاده که امکان جوشکاری پیوسته و متصل برای برخی جاها وجود نداشت، پس از انتقال به آزمایشگاه جهت جلوگیری از هر گونه نشتی احتمالی و انجام آب بندی کامل آن بوسیله چسب مخصوص، چسب کاری گردید و متعاقب آن بمنظور پرکردن و یک نواخت کردن سطوح، کلیه ناهمواری ها بوسیله چسب آکواریم پر گردید.

## مواد و روش کار

✓ مرحله سوم – ساخت:

✓ ساخت مش توری مرغی کردن:

متعاقب تهیه مش توری مرغی از بازار و برش آن از طریق دستگاه برش، شکل دهی آن توسط دستگاه نورد انجام شد و پس از آماده سازی جوشکاری لازم صورت گرفت. که بصورت لوله گرد با قطر داخلی ۱۶ سانتی متر و بطول ۱۰۰ سانتی متر ساخته شد.

✓ تهیه پارچه فایبر گلاس:

پارچه فایبر گلاس که معمولاً جهت جلوگیری از فرسایش مواد جاذب و نیز بعنوان مستهلک کننده انرژی صوتی استفاده می گردد براساس دستورالعمل های موجود متون معتبر علمی با جنس ، چگالی و ضخامت مشخص از بازار تهران تهیه گردید.





## مواد و روش کار

✓ مرحله سوم – ساخت:

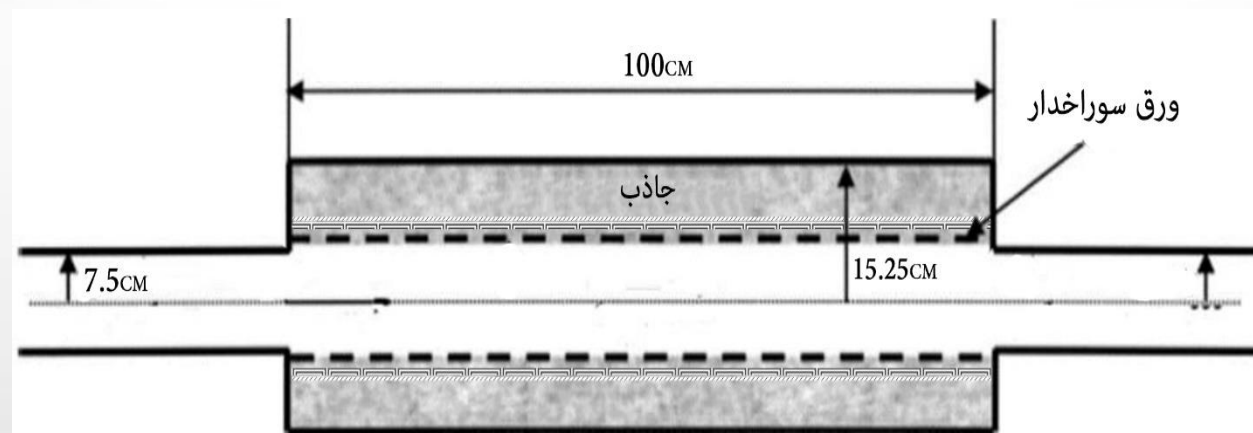
✓ تهیه جاذب ها:

✓ برای تهیه جاذب ها همانند، دیگر لایه ها و اجزای سایلنسر متعاقب طراحی و مشخص شدن مشخصات فنی از قبیل جنس، ضخامت و چگالی نسبت به تهیه آنها که شامل جاذب فوم پلی یورتان و جاذب فوم است، اقدام شد که در نهایت از جاذب های با ضخامت ۶ سانتی متر و با چگالی ۲۳ برای فوم پلی یورتان و با چگالی ۷/۷ کیلو گرم بر متر مکعب برای جاذب اسفنج استفاده گردید.

## مواد و روش کار

### ✓ مرحله سوم – ساخت: ✓

در پایان این مرحله سایلنسر های استوانه ای به طول ۱۰۰ سانتی متری به قطر خارجی ۳۳ سانتیمتری با پوسته به ضخامت های ۱، ۵/۱ و ۲ میلی متر و با وزن های به ترتیب ۳، ۵/۵ و ۷ کیلوگرم که متشکل از لوله پانچ شده، توری مرغی، پارچه فایبرگلاس و جاذب با مشخصات ذکر شده در مراحل قبلی، مونتاژ و آماده نصب گردید. به تعداد ۱۹ دستگاه ساخته شد.



شکل ۴ – شماتیک سایلنسر جذبی



## مواد و روش کار

✓ مرحله سوم – ساخت:

✓ تعداد و مشخصات سایلنسر های ساخته شده:

✓ متعاقب طراحی سایلنسرهای مورد نظر که با استفاده از نمودارهای راهنمای طراحی

سایلنسر جذبی موجود در کتاب (Colin H. Hansen) Engineering Noise Control انجام

گرفت، و پس از تهیه قطعات و ساخت و مونتاژ اجزا و قطعات ساخته شده، تعداد ۱۹ دستگاه

سایلنسر با مشخصات به شرح جدول ۳-۳ ساخته و آماده تست گردید.



## مواد و روش کار

✓ مرحله سوم - ساخت:

✓ جدول ۳-۳: تعداد و مشخصات فنی سایلنسر های طراحی و ساخته شده :

مشخصات فنی سایلنسر				نوع سایلنسر
پارچه فایبرگلاس دارد / ندارد	نوع جاذب	قطر روزنه لوله پانچ (میلی متر)	قطر پوسته خارجی (میلی متر)	
دارد	فوم پلی یورتان	۲	۱	سایلنسر شماره ۱
دارد	فوم پلی یورتان	۴	۱	سایلنسر شماره ۲
دارد	فوم پلی یورتان	۶	۱	سایلنسر شماره ۳
دارد	فوم پلی یورتان	۲	۱/۵	سایلنسر شماره ۴
دارد	فوم پلی یورتان	۴	۱/۵	سایلنسر شماره ۵
دارد	فوم پلی یورتان	۶	۱/۵	سایلنسر شماره ۶
دارد	فوم پلی یورتان	۲	۲	سایلنسر شماره ۷



## مواد و روش کار

✓ مرحله سوم - ساخت:

✓ ادامه جدول ۳-۳: تعداد و مشخصات فنی سایلنسر های طراحی و ساخته شده :

مشخصات فنی سایلنسر				نوع سایلنسر
پارچه فایبرگلاس دارد / ندارد	نوع جاذب	قطر روزنه لوله پانچ (میلی متر)	قطر پوسته خارجی (میلی متر)	
دارد	فوم پلی یورتان	۴	۲	سایلنسر شماره ۸
دارد	فوم پلی یورتان	۶	۲	سایلنسر شماره ۹
دارد	اسفنج	۲	۱	سایلنسر شماره ۱۰
دارد	اسفنج	۴	۱	سایلنسر شماره ۱۱
دارد	اسفنج	۶	۱	سایلنسر شماره ۱۲
دارد	اسفنج	۲	۱/۵	سایلنسر شماره ۱۳



## مواد و روش کار

✓ مرحله سوم - ساخت:

✓ ادامه جدول ۳-۳: تعداد و مشخصات فنی سایلنسر های طراحی و ساخته شده:

مشخصات فنی سایلنسر				نوع سایلنسر
پارچه فایبرگلاس دارد / ندارد	نوع جاذب	قطر روزنه لوله پانچ (میلی متر)	قطر پوسته خارجی (میلی متر)	
دارد	اسفنج	۴	۱/۵	سایلنسر شماره ۱۴
دارد	اسفنج	۶	۱/۵	سایلنسر شماره ۱۵
دارد	اسفنج	۲	۲	سایلنسر شماره ۱۶
دارد	اسفنج	۴	۲	سایلنسر شماره ۱۷
دارد	اسفنج	۶	۲	سایلنسر شماره ۱۸
ندارد	اسفنج	۶	۲	سایلنسر شماره ۱۹



## مواد و روش کار

- ✓ اندازه گیری و آنالیز فرکانس صدای زمینه
- ✓ پس از طراحی، ساخت، آماده سازی و نصب سایلنسرها، اولین گام در این مرحله اندازه گیری صدای زمینه است.
- البته اندازه گیری صدای زمینه در طول انجام تست و مراحل مختلف نیز صورت گرفته است.
- ✓ که این اندازه گیری دقیقا در همان مکان هایی (در سه نقطه اطراف کانال) که قرار است میزان تراز صدای فن اندازه گیری شود، انجام گرفت.



## مواد و روش کار

✓ مرحله پنجم (استقرار سیستم جهت تست عملکرد سایلنسرها):

✓ استقرار سیستم جهت تست عملکرد سایلنسرهای ساخته شده، با توجه به موقعیت استقرار آنها در محل آزمایشگاه عوامل فیزیکی و با استفاده از استاندارد ISO11820 به شرح ذیل صورت گرفت: اتصال سایلنسر به دهانه خروجی فن با استفاده از لوله رابط ۱ متری صورت گرفت. در محل اتصال از فوم لرزه گیر و ضد ارتعاش استفاده شد. پس از نصب، اندازه گیری تراز کل صدا و آنالیز فرکانس اکتاو برای کلیه سایلنسر ها انجام شد و نیز اندازه گیری فشارکل، فشار استاتیک و سرعت جریان هوا در نقاط قبلی ذکر شده در مرحله اول اندازه گیری شد. (نحوه نصب سایلنسر و موقعیت استقرار در شکل ۳-۴ نشان داده شده است)

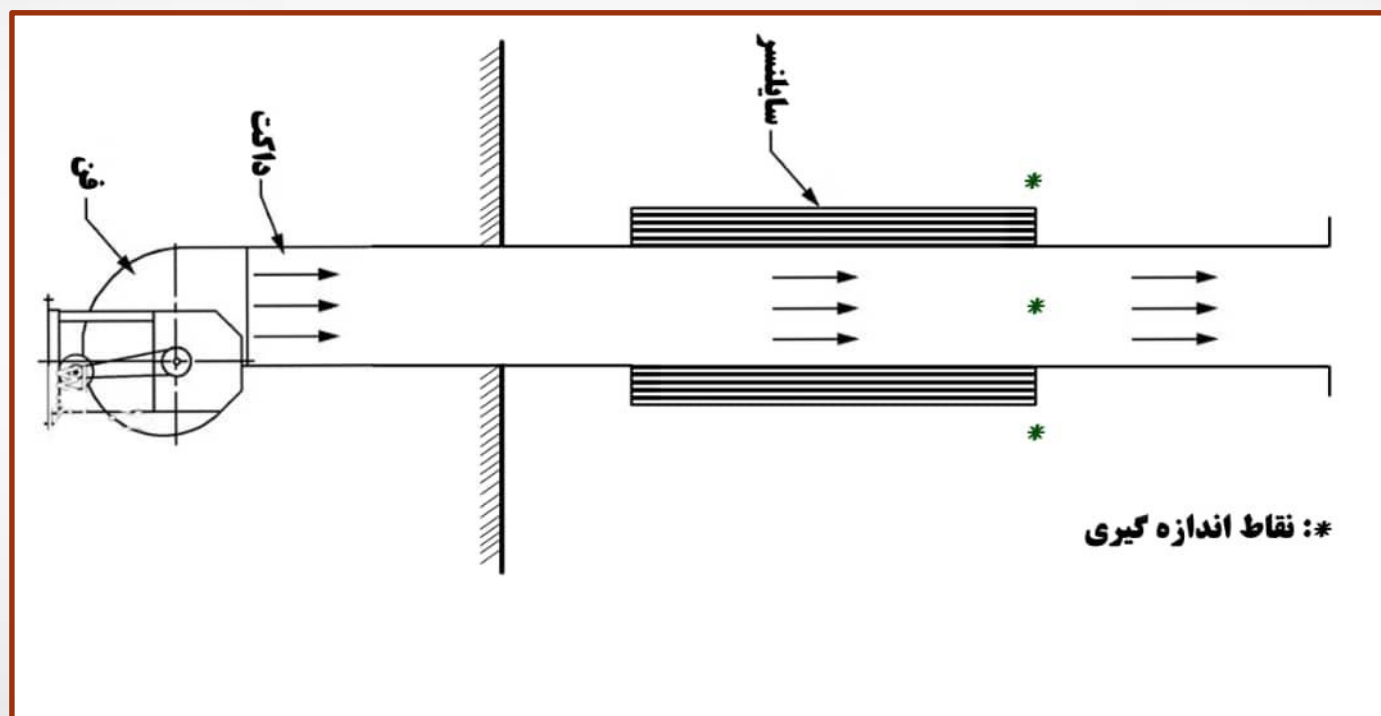




## مواد و روش کار

✓ مرحله پنجم (استقرار سیستم جهت تست عملکرد سایلنسرها):

✓ نحوه نصب سایلنسر و موقعیت استقرار در شکل ۳-۴ نشان داده شده است



شکل ۳-۶ شماتیک نحوه نصب سایلنسر و موقعیت استقرار



## یافته ها

## جدول ۱-۳: تراز کل صدا و آنالیز فرکانس اکتاوباند فن سانتریفوژ در وضعیت دمش قبل از نصب سایلنسر

آنالیز فرکانس اکتاو dBA									تراز کل صدا dBA
32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
34/2	50/6	67/4	79/4	93/1	80/77	77/3	70/5	59/37	94/5

## جدول ۲-۳: تراز کل صدا و آنالیز فرکانس اکتاوباند فن سانتریفوژ در وضعیت مکش قبل از نصب سایلنسر ✓

dBA آنالیز فرکانس اکتاو									تراز کل صدا dBA
32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
33/1	51/3	65/67	75/7	83/4	79/64	74/7	72	62/93	85/97



## یافته ها

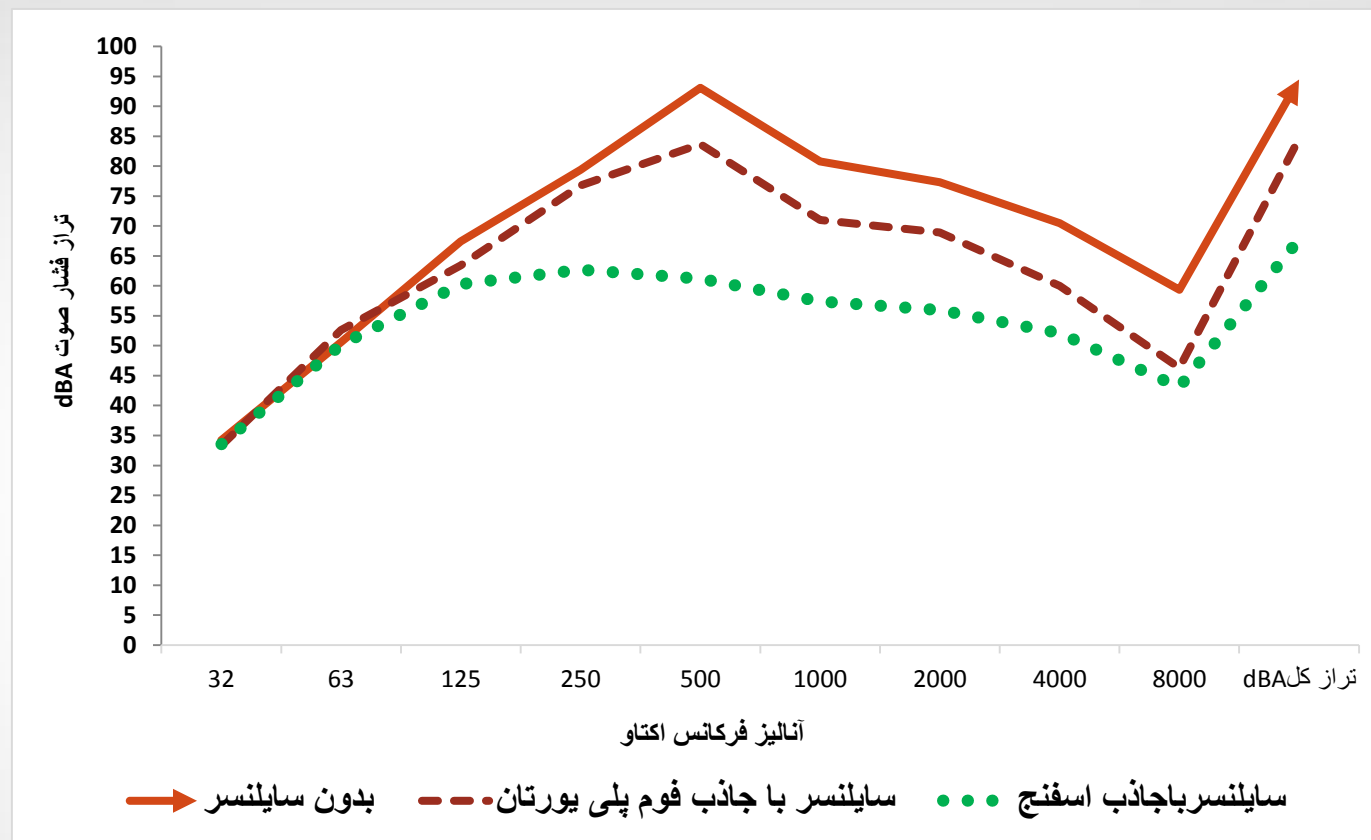
### ✓ اندازه گیری و آنالیز فرکانس صدای زمینه

✓ جدول ۳-۴: تراز کل صدا و آنالیز فرکانس اکتاو صدای زمینه در آزمایشگاه عوامل فیزیکی

آنالیز فرکانس اکتاو dBA									تراز کلی صدا dBA
۳۲	۶۳	۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰	۸۰۰۰	
۱۸/۶۷	۲۸/۹۳	۳۳/۷۷	۴۱/۸	۴۴/۴۲	۳۹/۷۸	۳۷/۴۶	۳۵/۴۳	۳۰	۴۶/۱



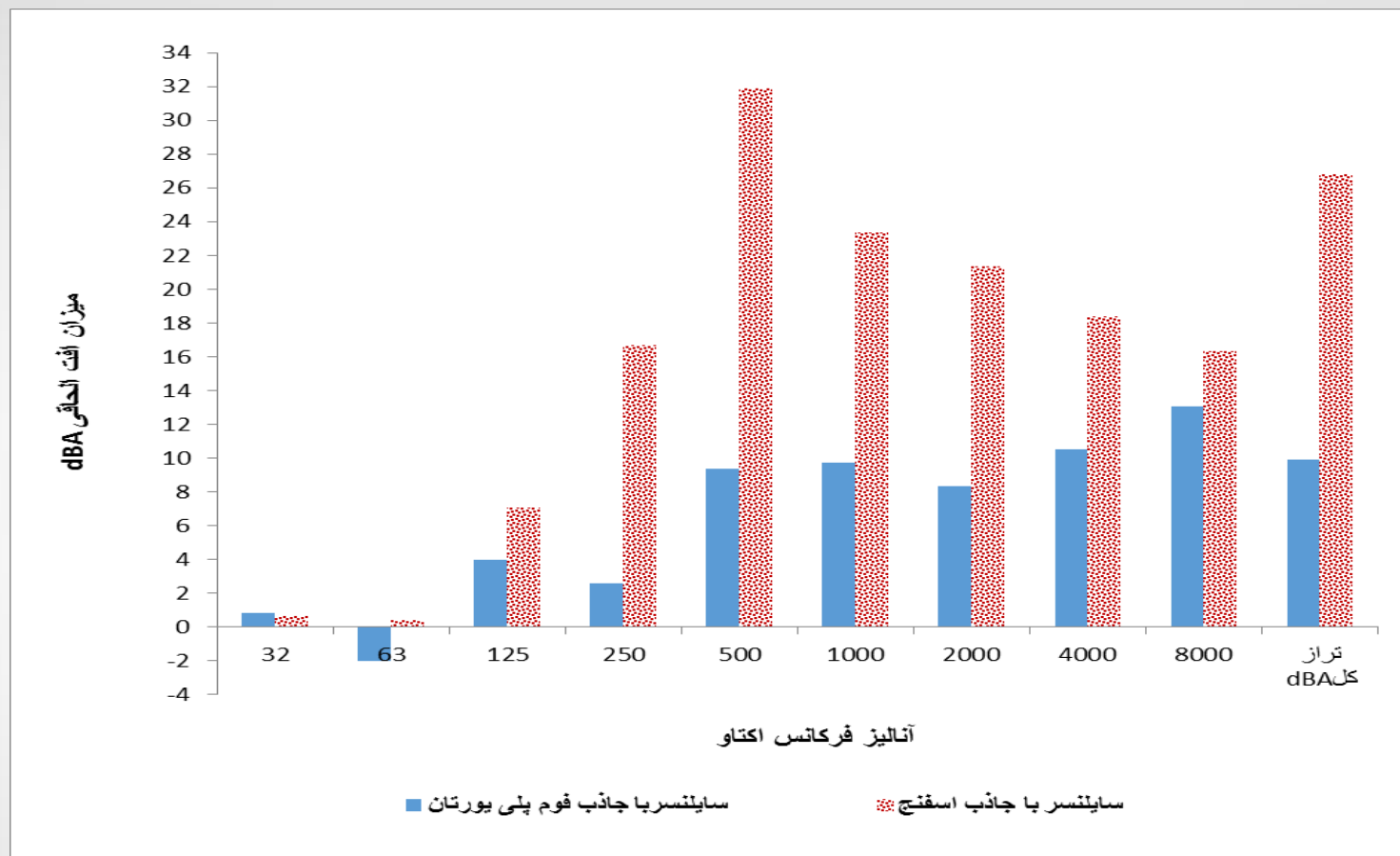
## یافته ها



نمودار ۴-۱ مقایسه عملکرد سایلنسر با جاذب فوم پلی یورتان و جاذب اسفنج در وضعیت دمش



## یافته ها



نمودار ۲-۴ مقایسه افت الحاقی در سایلنسر ها با جاذب فوم پلی یورتان و جاذب اسفنج در وضعیت دمشی



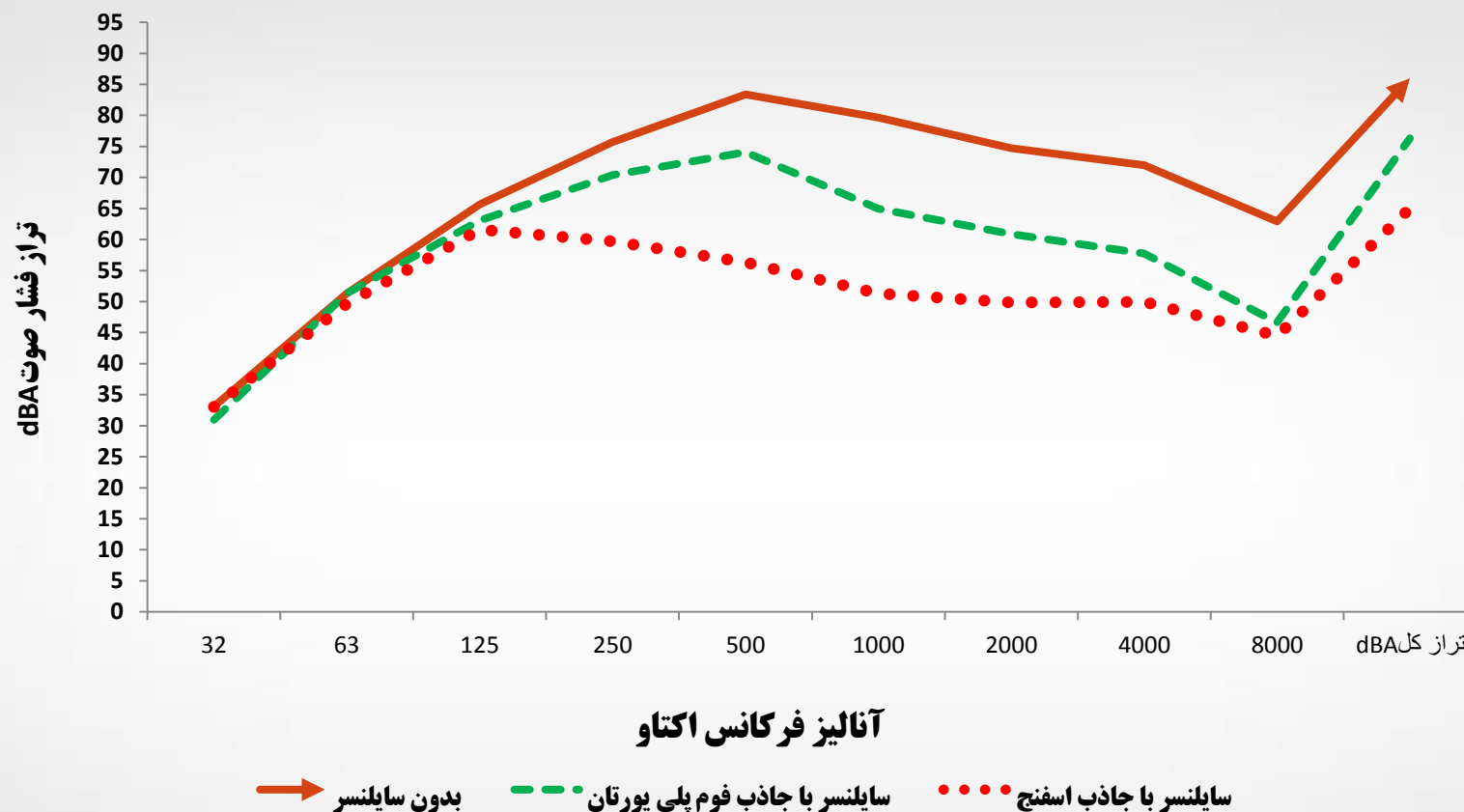
## یافته ها

۴-۳: بررسی عملکرد سایلنسرها با جاذب فوم پلی یورتان و جاذب اسفنج در وضعیت دمش

نتایج بررسی عملکرد سایلنسر ها با جاذب های فوم پلی یورتان و اسفنج در وضعیت دمش نشان داد که در همه فرکانس ها عملکرد سایلنسر با جاذب اسفنج بسیار بهتر از جاذب فوم پلی یورتان بوده است و بهترین عملکرد مربوط به فرکانس ۵۰۰ هرتز می باشد که در این حالت میزان افت الحاقی به ۳۱/۹ dBA رسیده است. (نمودار ۴-۱ و ۴-۲).



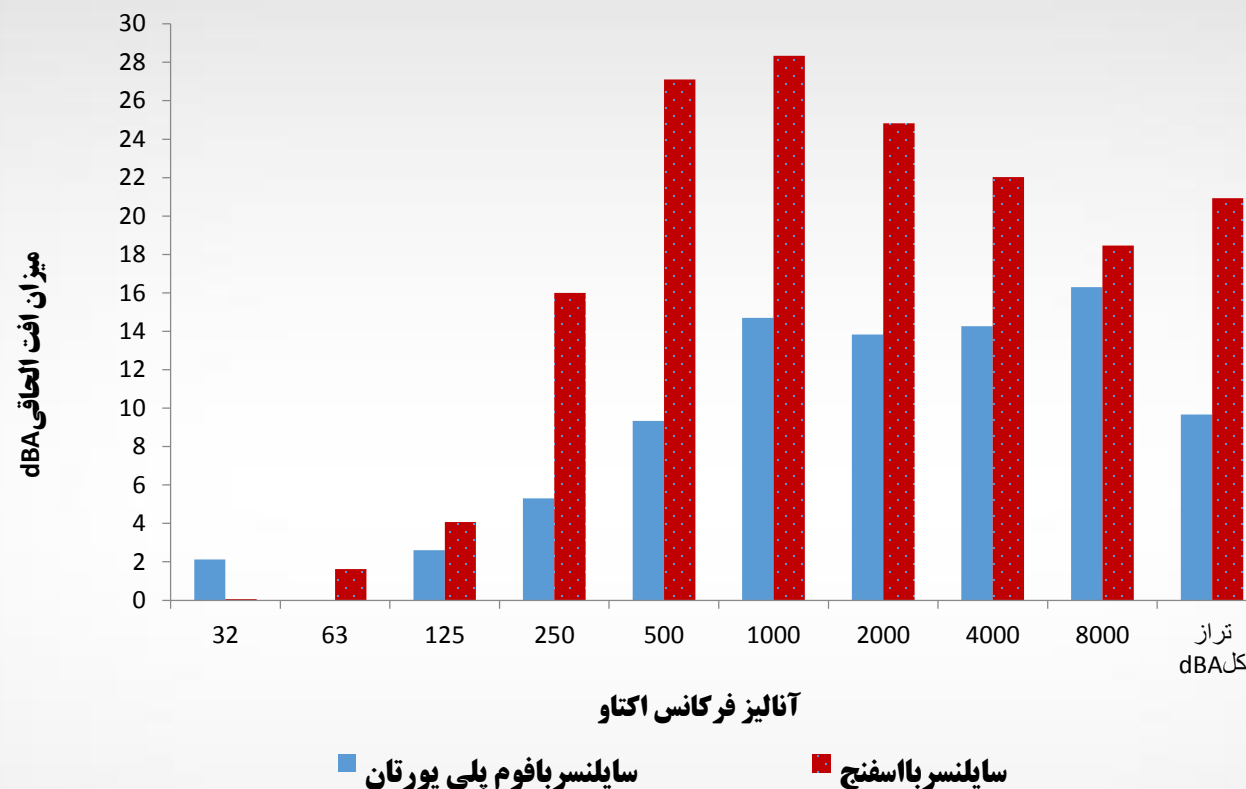
## یافته ها



نمودار ۳-۴ مقایسه عملکرد سایلنسر ها با جاذب فوم پلی یورتان و جاذب اسفنج در وضعیت مکش



## یافته ها



نمودار ۴-۴: مقایسه افت الحاقی در سایلنسر ها با جاذب فوم پلی یورتان و جاذب اسفنج در وضعیت مکش





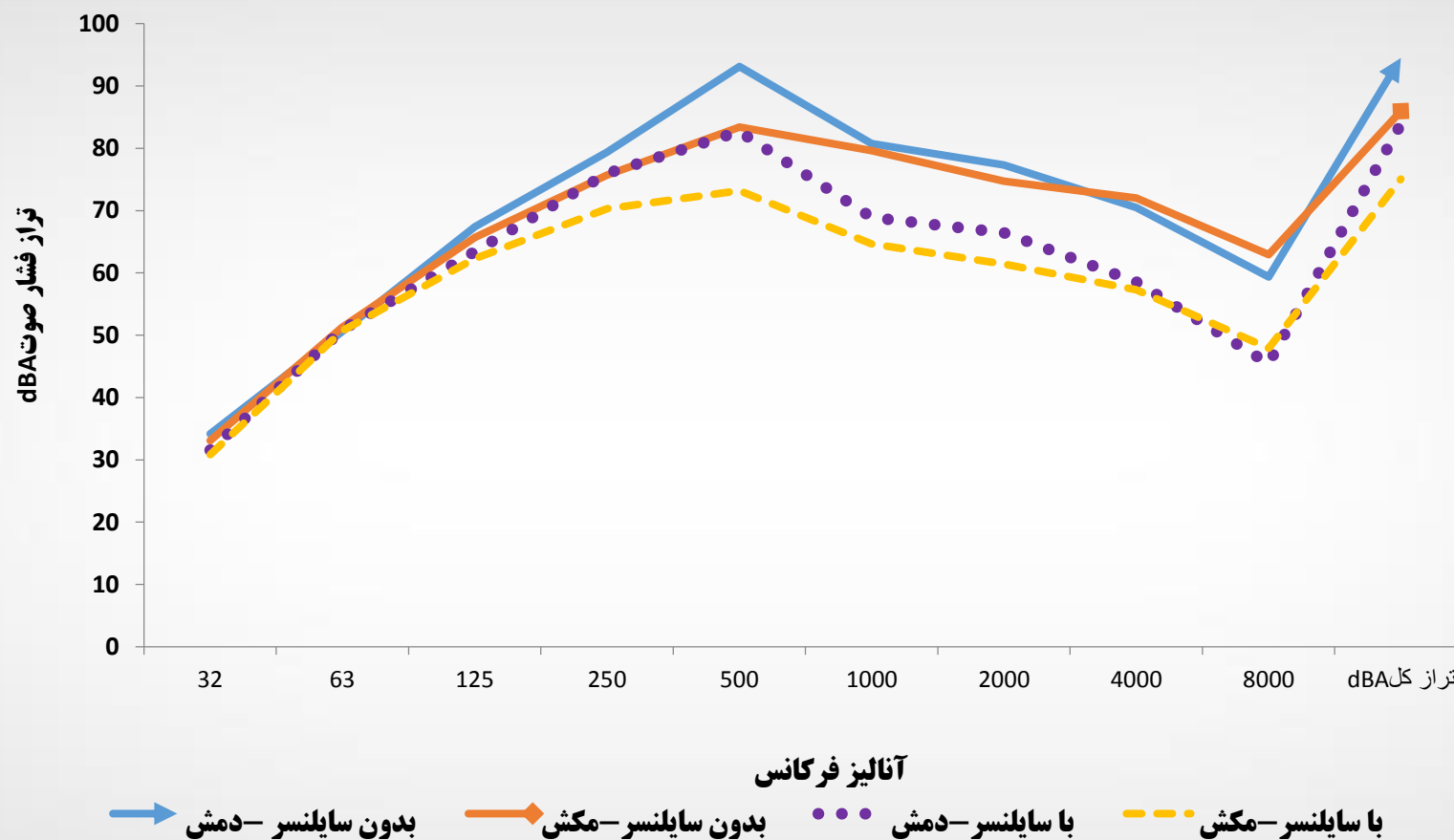
## یافته ها

**۴-۴: بررسی عملکرد سایلنسر ها با جاذب فوم پلی یورتان و جاذب اسفنج در وضعیت مکش**

نتایج بررسی عملکرد سایلنسر ها با جاذب های فوم پلی یورتان و اسفنج در وضعیت مکش نشان داد که در همه فرکانس ها عملکرد سایلنسر با جاذب اسفنج بسیار بهتر بوده است و در این حالت بهترین عملکرد مربوط به فرکانس ۱۰۰۰ هرتز می باشد. میزان افت الحاقی ۲۸/۳۴ dBA رسیده است (نمودار ۴-۳ و ۴-۴).



## یافته ها



نمودار ۴-۵: مقایسه عملکرد سایلنسر ها با جاذب فوم پلی یورتان، پوسته ۲ و قطر روزنه ۴ میلیمتر در وضعیت های دمش و مکش.



مقدمه

مروری بر منابع

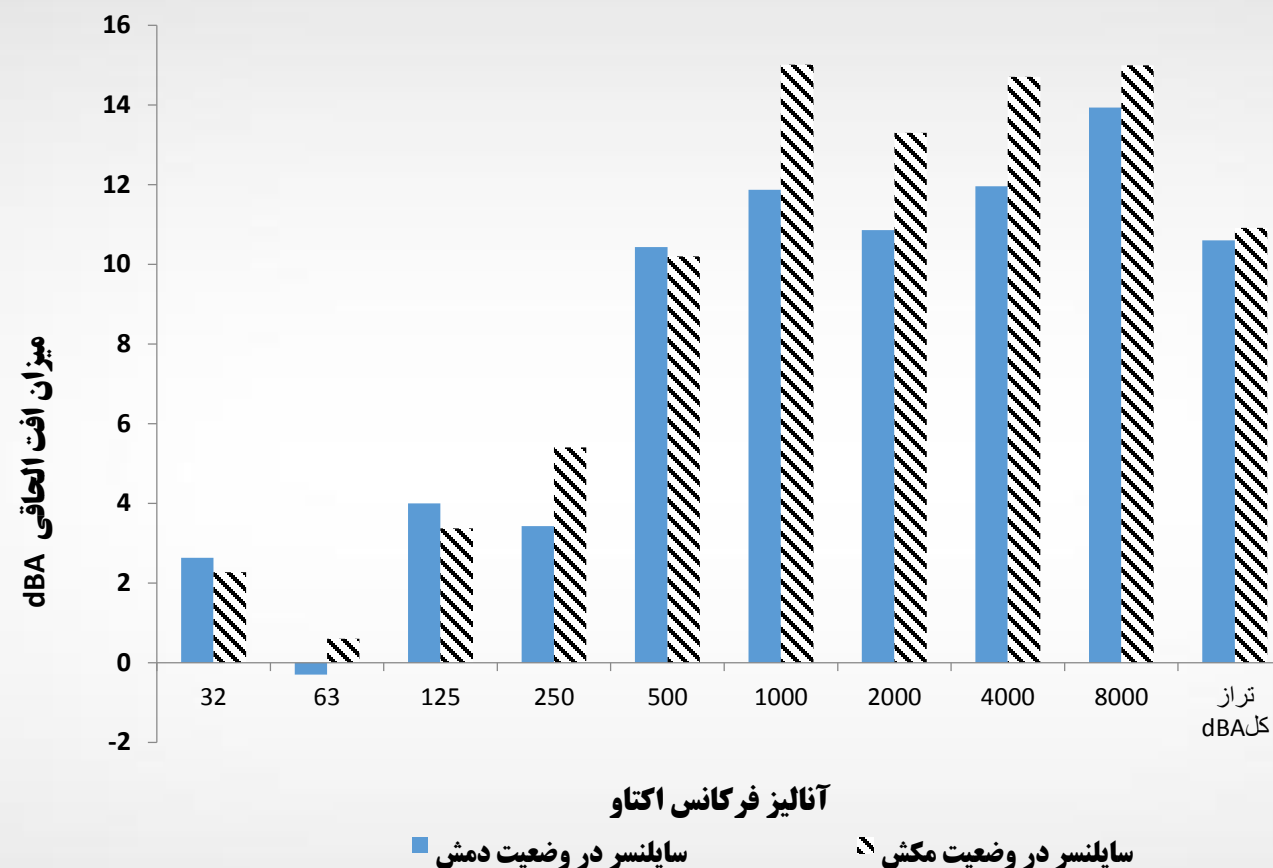
مواد و روش ها

نتایج و بحث

نتیجه گیری

پیشنهادهات

## یافته ها



نمودار ۴-۶ مقایسه عملکرد افت الحاقی در سایلنسر ها با جاذب فوم پلی یورتان، پوسته ۲ و قطر روزنه ۴ میلیمتر در وضعیت دمشی و مکشی



## یافته ها

**۴-۵: بررسی عملکرد سایلنسرها با جاذب فوم پلی یورتان، پوسته ۲ و قطر روزنه ۴ میلی متر در وضعیت های دمش و مکش**

نتایج بررسی عملکرد جاذب فوم پلی یورتان با پوسته ۲ میلی متر و ورق سوراخدار با قطر روزنه ۴ میلی متر در وضعیت دمش و مکش نشان داد که در فرکانس های بالای ۵۰۰ هرتز عملکرد در حالت مکش بهتر بوده است گر چه اختلاف خیلی محسوس نیست و در این حالت بهترین عملکرد مربوط به فرکانس ۱۰۰۰ هرتز می باشد. میزان افت الحاقی به ۱۵/۰۱ dBA رسیده است (نمودار ۴-۵ و ۴-۶).



مقدمه

مروری بر منابع

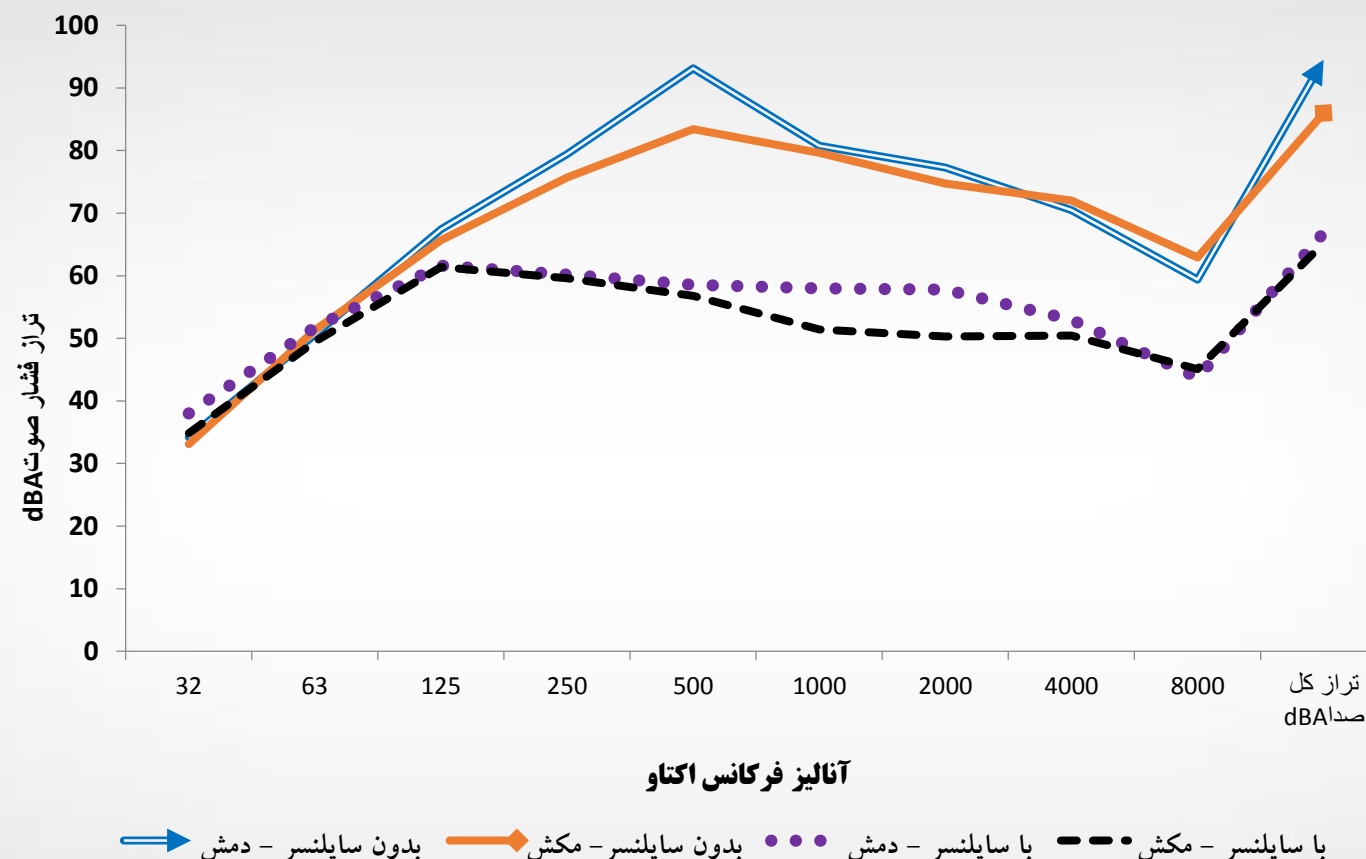
مواد و روش ها

نتایج و بحث

نتیجه گیری

پیشنهادهات

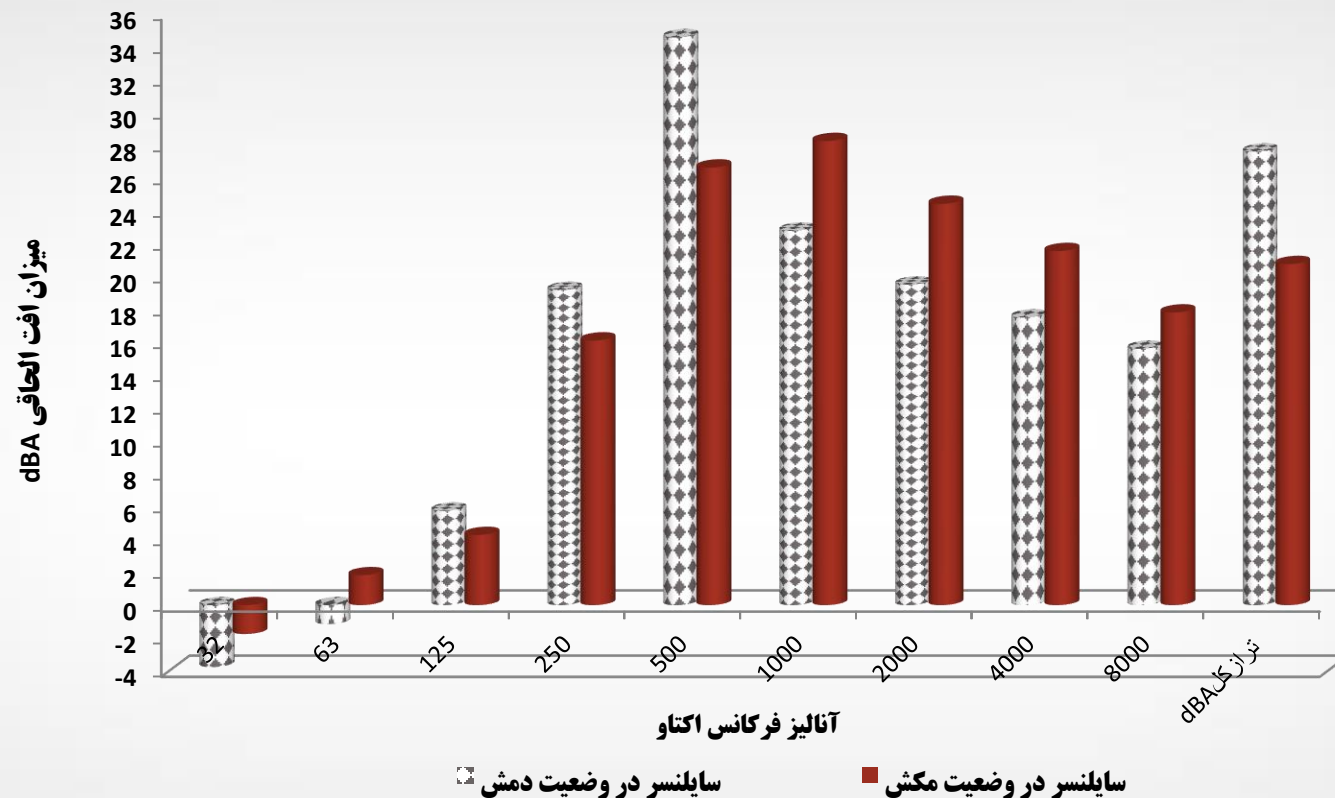
## یافته ها



نمودار ۴-۷: مقایسه عملکرد سایلنسر ها با جاذب اسفنج، پوسته ۲ و قطر روزنه ۴ میلی متر در وضعیت دمش و مکش.



## یافته ها



نمودار ۴-۸: مقایسه عملکرد افت الحاقی سایلنسر با جاذب اسفنج، پوسته ۲ و قطر روزنه ۴ میلی متر در وضعیت دمشی و مکشی.



## یافته ها

۴-۶: بررسی عملکرد سایلنسر با جاذب اسفنج و پوسته ۲ و قطر روزنه ۴ میلی متر در وضعیت دمش و مکش

نتایج بررسی عملکرد سایلنسر ها با جاذب اسفنج با پوسته ۲ ملی متر و ورق سوراخدار با قطر روزنه ۴

میلی متر در وضعیت دمش و مکش نشان داد که در فرکانس های بالای ۱۰۰۰ هرتز عملکرد در حالت مکش

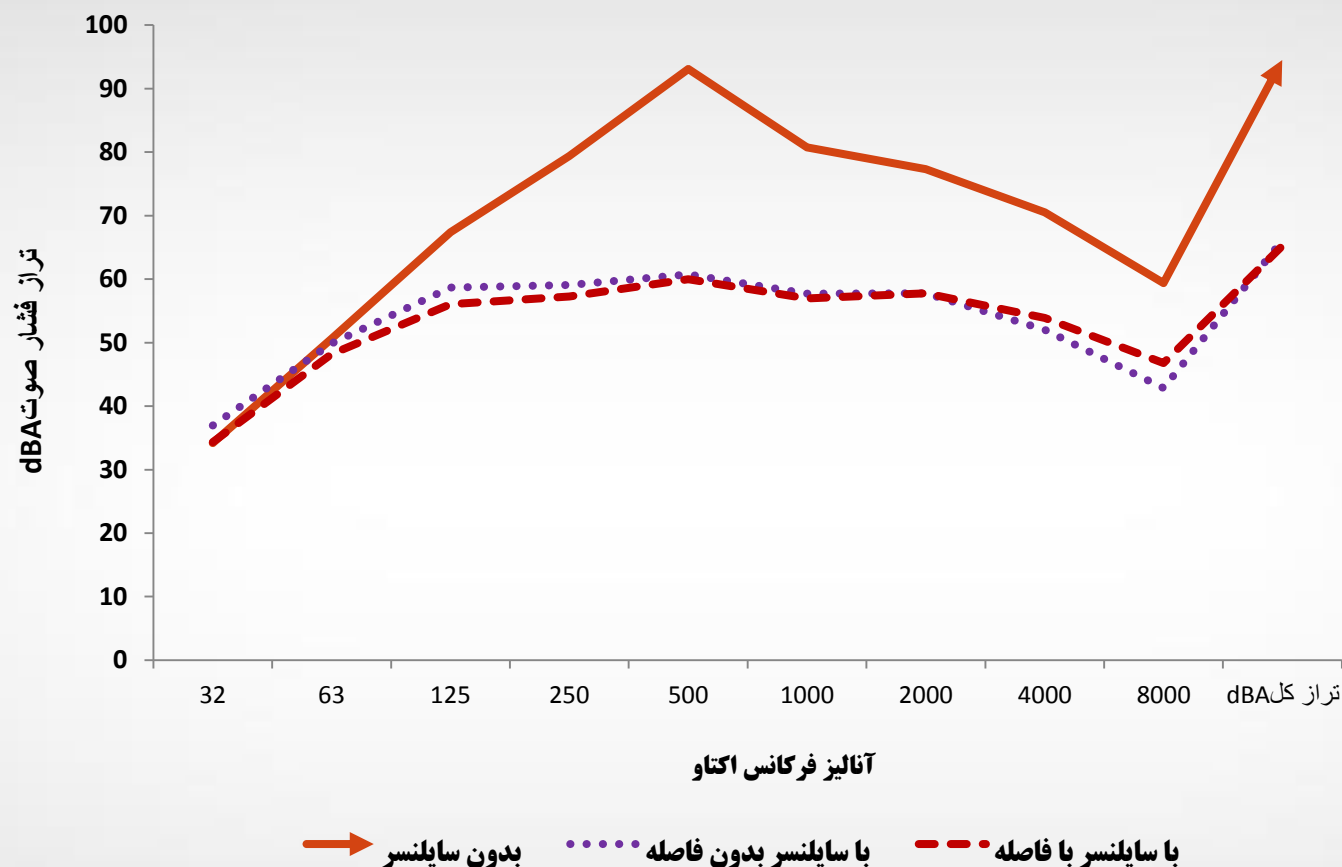
بتر بوده است و در فرکانس های زیر ۱۰۰۰ هرتز عملکرد در حالت دمش بهتر بوده است و در این حالت

بهترین عملکرد مربوط به فرکانس ۵۰۰ هرتز در وضعیت دمش می باشد که میزان افت الحاقی به

۳۴/۵۴ dBA رسیده است (نمودار ۴-۷ و ۴-۸).



## یافته ها



نمودار ۴-۹: تاثیر فاصله بر عملکرد سایلنسر در وضعیت دمش با جاذب اسفنج و پوسته ۵/۱ و قطر روزنه ۴ میلی متر





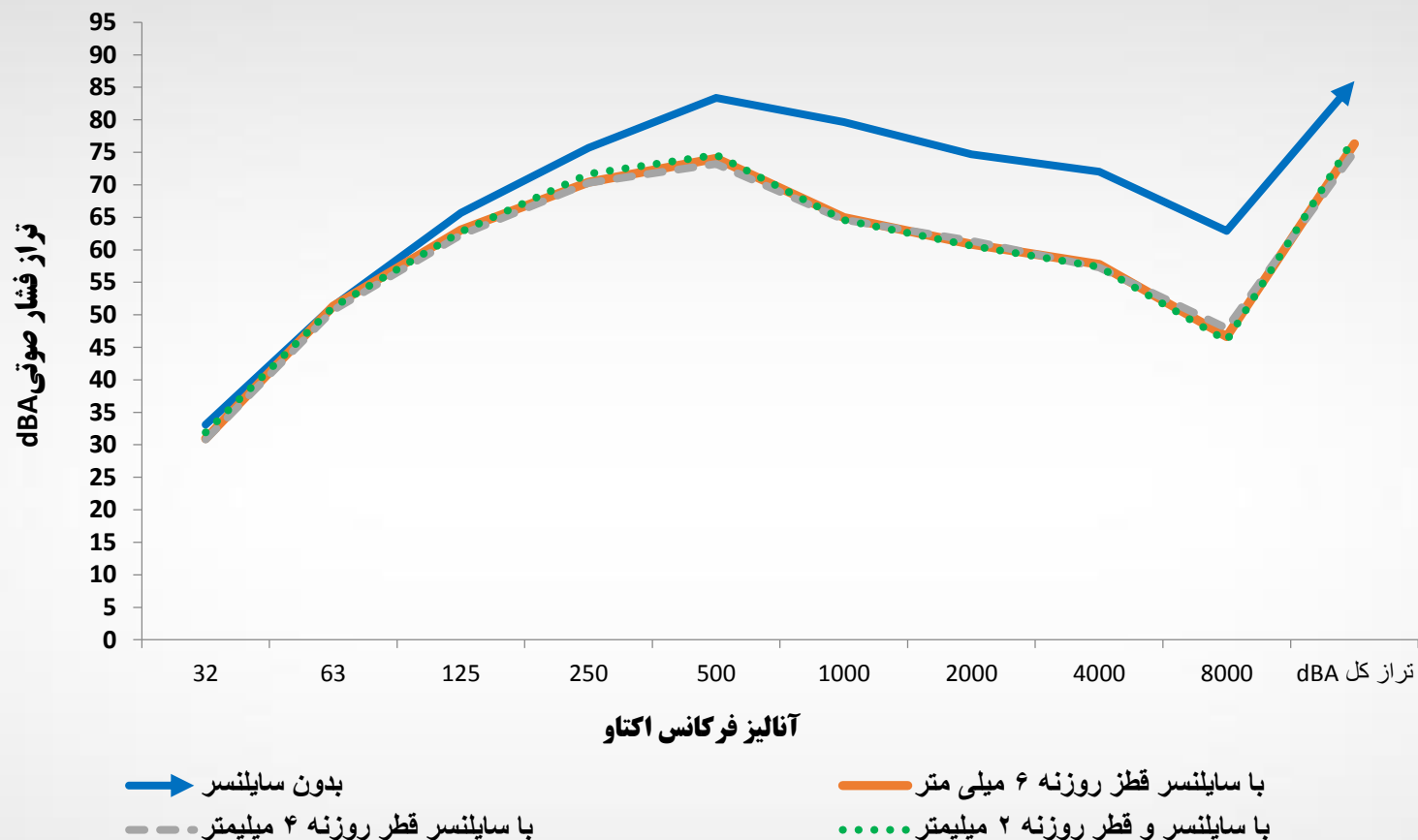
## یافته ها

## ۴-۶: بررسی تاثیر فاصله بر عملکرد سایلنسر

بمنظور بررسی میزان تاثیر گذاری فاصله بر عملکرد سایلنسر از لوله گالوانیزه گرد بطول ۲/۵ متر و هم سطح با سایلنسر استفاده شد که بین فن و سایلنسر نصب گردید که نتایج بررسی عملکرد نشان داد ایجاد فاصله تاثیر چندانی بر کارایی سایلنسر ندارد و در فرکانس های بالای ۱۰۰۰ هرتز حتی در برخی فرکانس ها افت منفی ایجاد شده است، گرچه از فرکانس ۵۰۰ هرتز و پایین تر روند افت مثبت بوده که در فرکانس ۱۲۵ هرتز به ۲/۶۶ dBA رسیده است (نمودار ۴-۹).



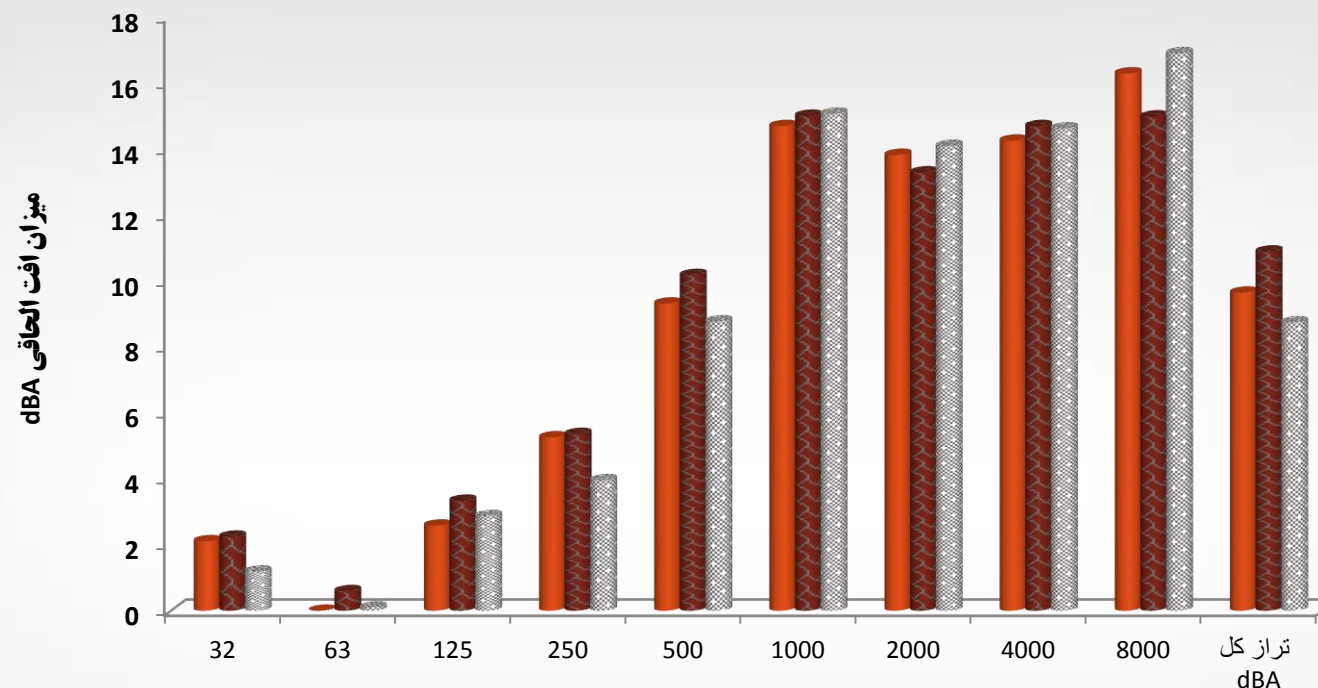
## یافته ها



نمودار ۴-۱۰ مقایسه عملکرد سایلنسر ها با پوسته ۲ میلی مترو جاذب فوم پلی یورتان و ورق سوراخدار با قطر روزنه ۲، ۴ و ۶ در وضعیت مکش.



## یافته ها



## آنالیز فرکانس اکتاو

- سایلنسر با ورق سوراخدار به قطر روزنه ۴ میلی متر
- سایلنسر با ورق سوراخدار به قطر روزنه ۶ میلی متر
- سایلنسر با ورق سوراخدار به قطر روزنه ۲ میلی متر

نمودار ۴-۱۱ مقایسه میزان افت الحاقی در سایلنسر ها با پوسته ۲ میلی مترو جاذب فوم پلی یورتان و ورق سوراخدار با قطر روزنه ۲، ۴ و ۶ در وضعیت مکش.



## یافته ها

۴-۷ بررسی عملکرد سایلنسر ها با پوسته ۲ میلی متر و جاذب فوم پلی یورتان و ورق سوراخدار با قطر روزنه ۴،۲ و ۶ وضعیت مکش

نتایج بررسی عملکرد سایلنسر ها با پوسته ۲ میلی متر و جاذب فوم پلی یورتان و ورق سوراخدار با قطر

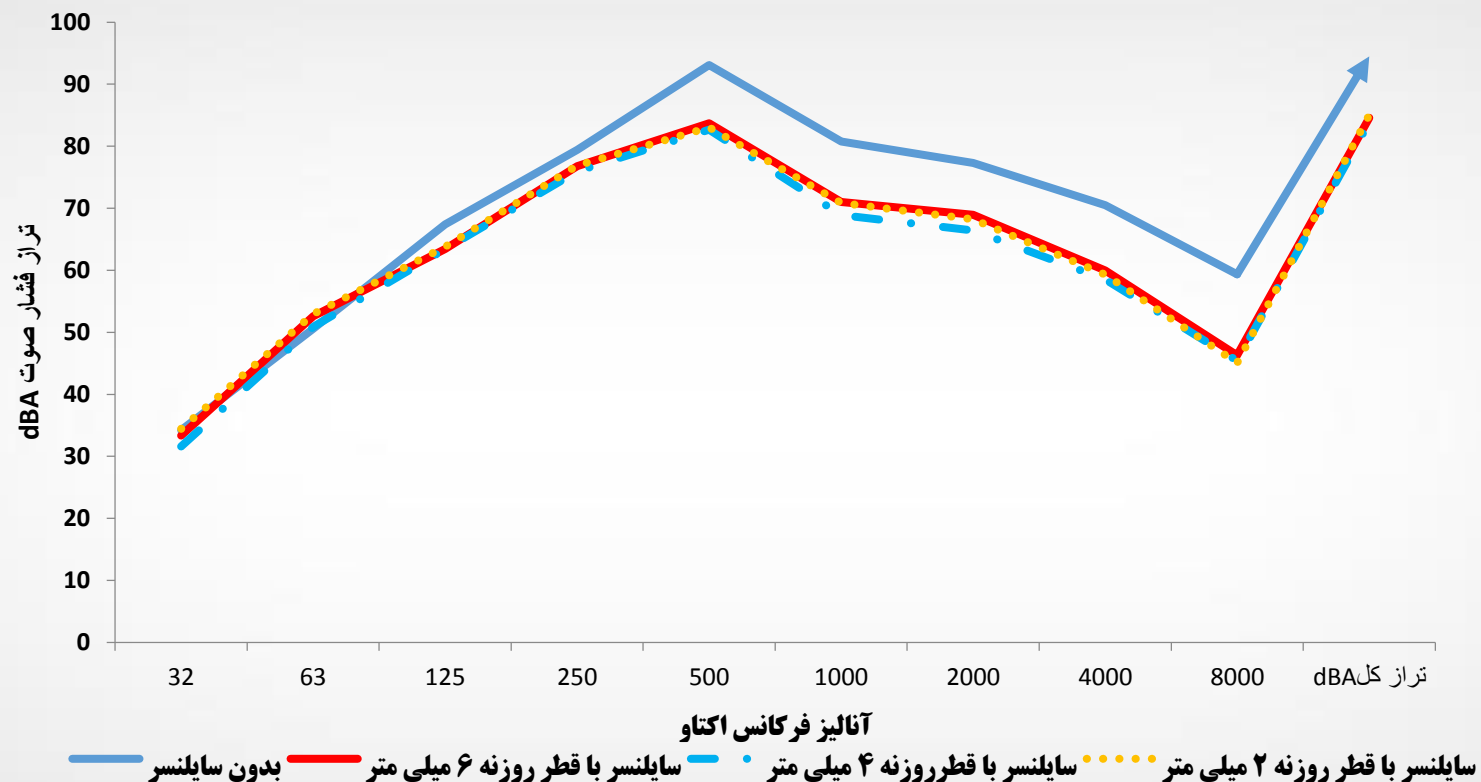
روزنه ۴،۲ و ۶ در وضعیت مکش نشان داد که عملکرد سایلنسر با ورق سوراخدار با قطر سوراخ ۲ میلی متر در

فرکانس های بالای ۱۰۰۰ هرتز دارای عملکرد بهتری بوده است و در فرکانس های ۵۰۰ هرتز و پایین تر عملکرد

سایلنسر با ورق سوراخدار با قطر سوراخ ۴ میلی متر بهتر بوده است (نمودار ۴-۱۰ و ۴-۱۱).



## یافته ها



نمودار ۴-۱۲: مقایسه عملکرد سایلنسر ها با پوسته ۲ میلی مترو جاذب فوم پلی یورتان و ورق سوراخدار قطر روزنه ۴، ۶ و ۲ در وضعیت دمش.



مقدمه

مروری بر منابع

مواد و روش ها

نتایج و بحث

نتیجه گیری

پیشنهادهات

## یافته ها



سایلنسر با ورق سوراخدار به قطر روزنه ۴ میلی متر  
سایلنسر با ورق سوراخدار به قطر روزنه ۶ میلی متر  
سایلنسر با ورق سوراخدار به قطر روزنه ۲ میلی متر

نمودار ۴-۱۳: مقایسه میزان افت الحاقی در سایلنسر ها با جاذب فوم پلی یورتان با پوسته ۲، قطر روزنه ۴، ۶ و ۲ میلی مترو وضعیت دم



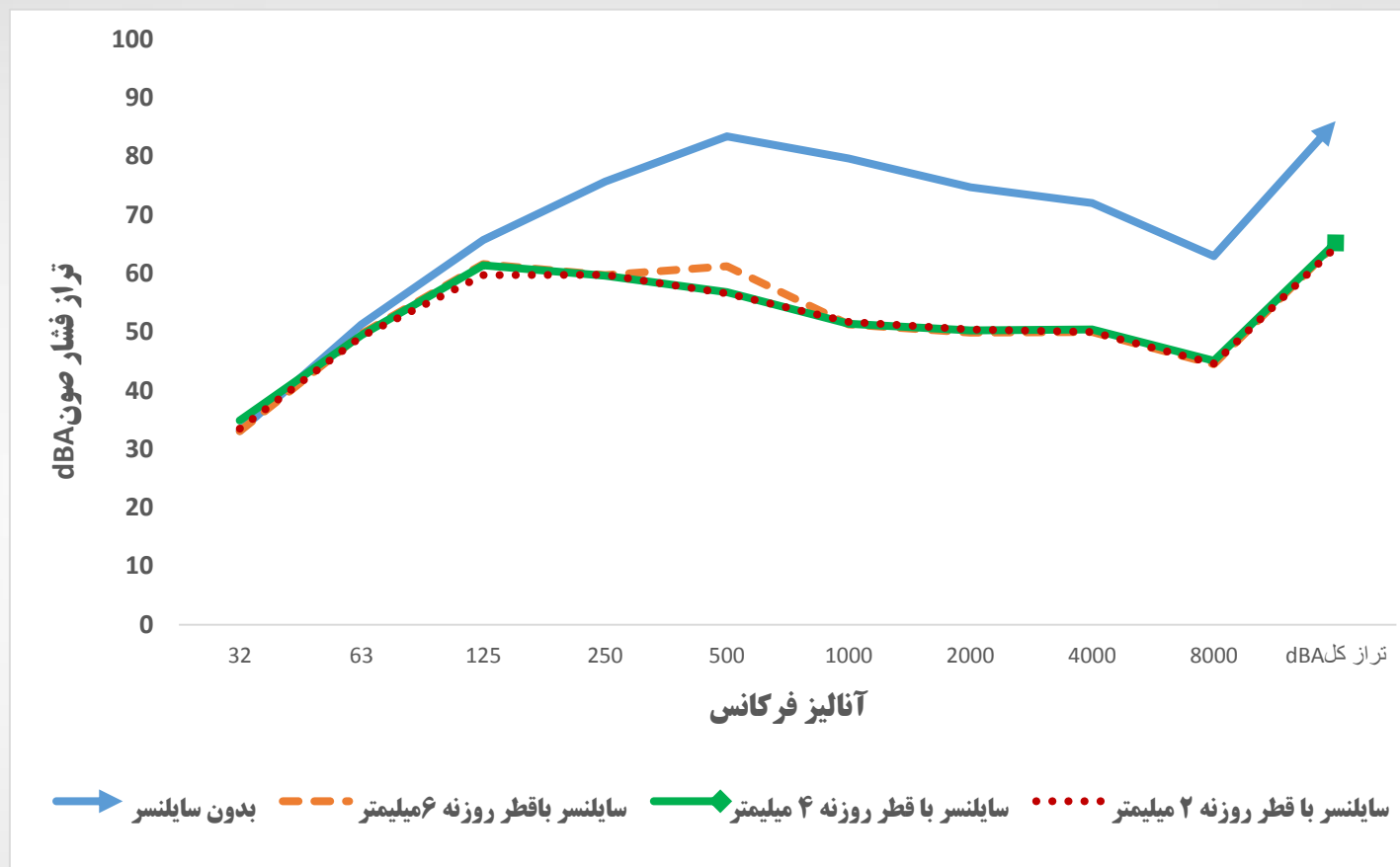
## یافته ها

۴-۸: بررسی عملکرد سایلنسر ها با پوسته ۲ میلی مترو جاذب فوم پلی یورتان و ورق سوراخدار با قطر روزنه ۴،۲ و ۶ در وضعیت دمش

نتایج بررسی عملکرد قطر روزنه ورق سوراخدار با پوسته قطر ۲ میلی متر و جاذب فوم پلی یورتان در وضعیت دمش نشان داد که عملکرد سایلنسر با ورق سوراخدار با قطر سوراخ ۴ میلی متر در همه فرکانسهای باستانی فرکانس ۸۰۰۰ هرتز دارای عملکرد بهتر بوده است و در فرکانس ۸۰۰۰ هرتز عملکرد سایلنسر با ورق سوراخدار با قطر سوراخ ۲ میلی متر بهتر بوده است (نمودار ۴-۱۲ و ۴-۱۳).



## یافته ها



نمودار ۴-۱۴: مقایسه عملکرد سایلنسر ها با پوسته ۲ میلی مترو جاذب اسفنج و ورق سوراخدار قطر روزنه ۴، ۶ و ۲ در وضعیت مکش





مقدمه

مروری بر منابع

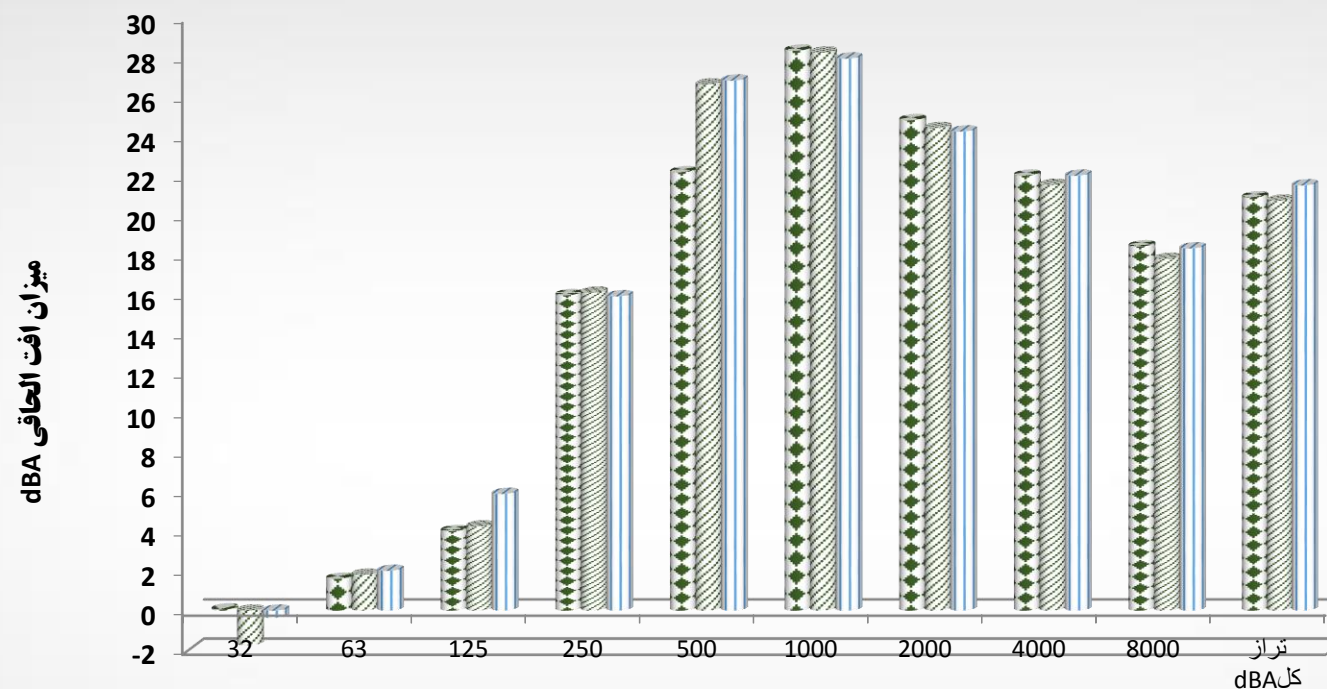
مواد و روش ها

نتایج و بحث

نتیجه گیری

پیشنهادات

## یافته ها



### آنالیز فرکانس اکتاو

سایلنر با ورق سوراخدار به قطر ۶ میلی متر

سایلنر با ورق سوراخدار به قطر ۴ میلی متر

سایلنر با ورق سوراخدار به قطر ۲ میلی متر

نمودار ۴-۱۵: مقایسه میزان افت الحاقی در سایلنرها با پوسته ۲ و جاذب اسفنج قطر ۲، ۴ و ۶ میلی متر در وضعیت مکش



## یافته ها

۴-۹: بررسی عملکرد سایلنسر ها با پوسته ۲ میلی متر و جاذب اسفنج و ورق سوراخدار با قطر روزنه ۴،۶ و ۲ در مکش

نتایج بررسی عملکرد سایلنسر با قطر روزنه ورق سوراخدار و پوسته ۲ میلی متر با جاذب اسفنج در وضعیت مکش نشان داد که عملکرد سایلنسر با ورق سوراخدار با قطر سوراخ ۶ میلی متر در فرکانس های بالای ۱۰۰۰ هرتز دارای عملکرد بهتر بوده است و در فرکانس های زیر ۱۰۰۰ هرتز عملکرد سایلنسر با ورق سوراخدار با قطر سوراخ ۲ میلی متر بهتر بوده است (نمودار ۴-۱۴ و ۴-۱۵).



مقدمه

مروری بر منابع

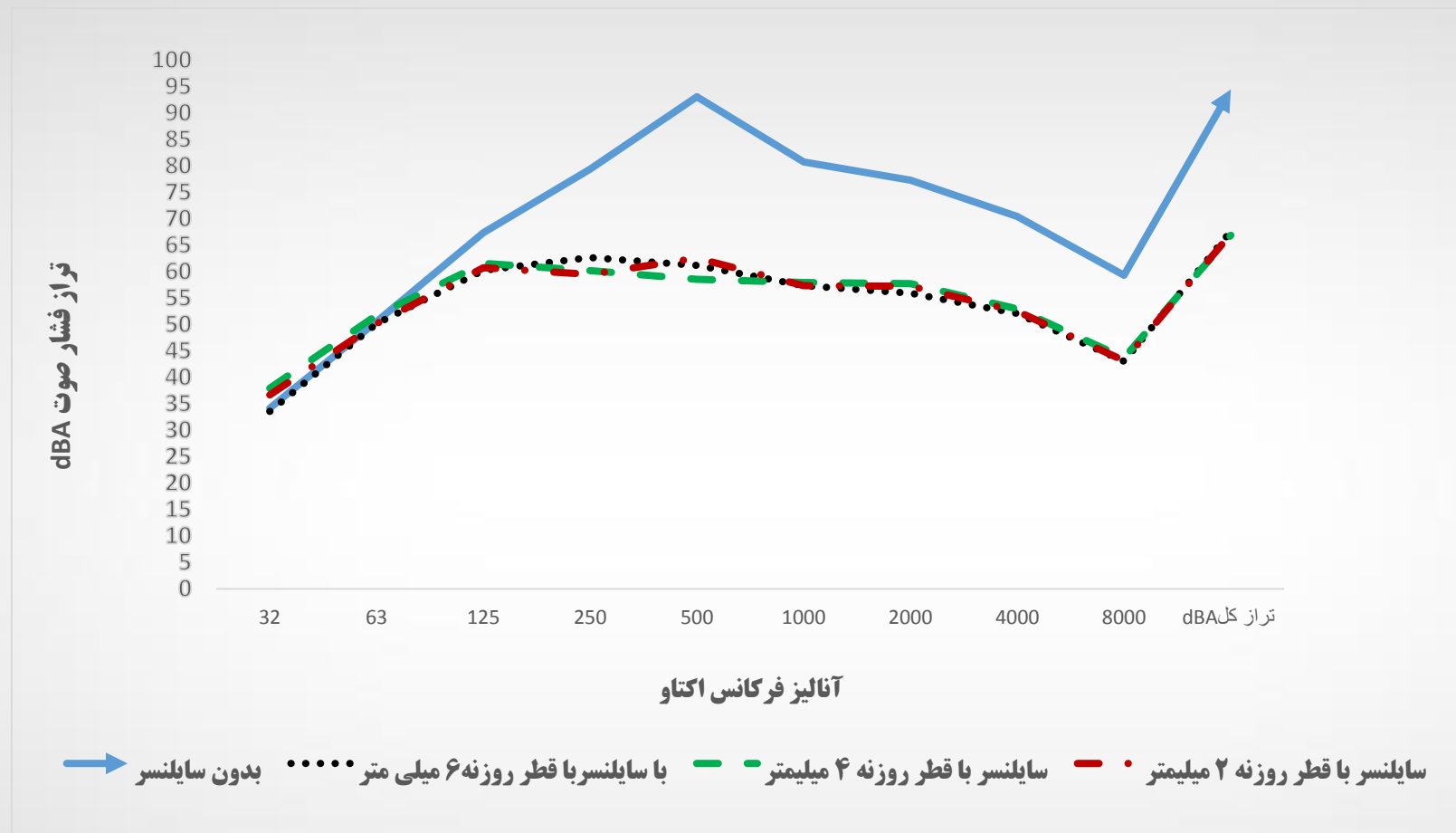
مواد و روش ها

نتایج و بحث

نتیجه گیری

پیشنهادهات

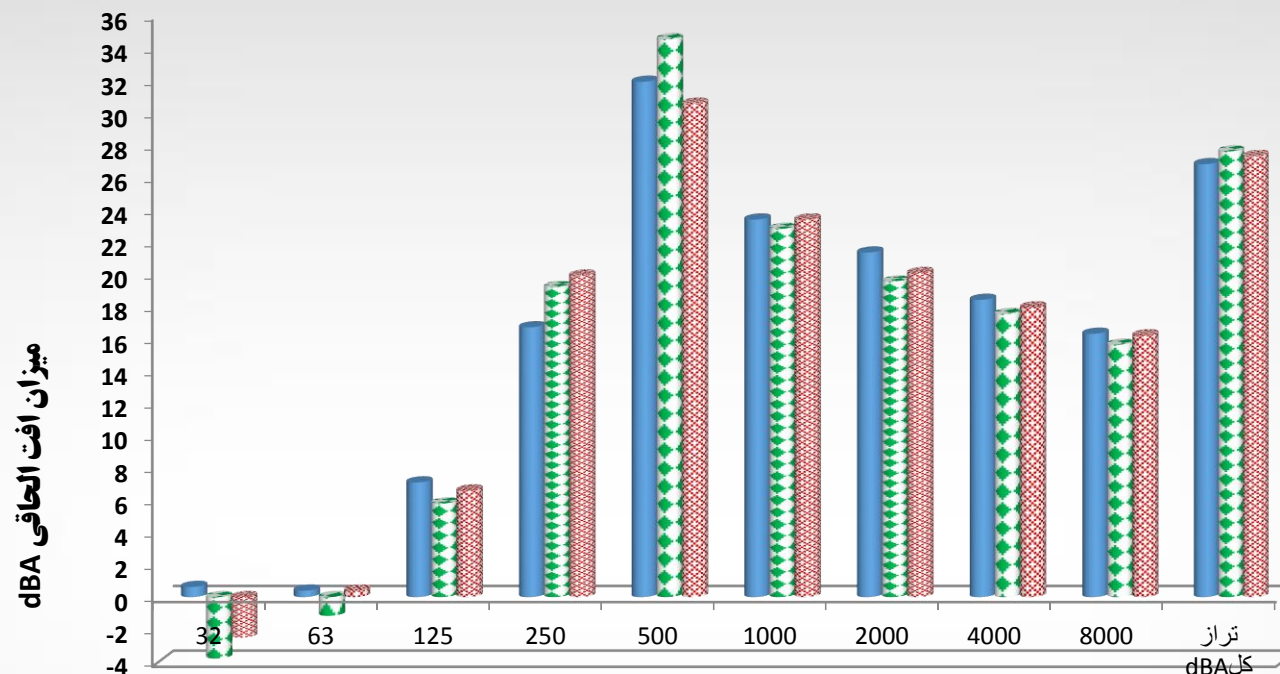
## یافته ها



نمودار ۴-۱۶: مقایسه عملکرد سایلنسر ها با پوسته ۲ میلی متری و جاذب اسفنج و ورق سوراخدار با قطر روزنه ۴، ۶ و ۲ در وضعیت دمش.



## یافته ها



آنالیز فرکانس اکتاو

■ سایلنسر با ورق سوراخدار به قطر ۴ میلی متر  
 ◆ سایلنسر با ورق سوراخدار به قطر ۶ میلی متر  
 ▨ سایلنسر با ورق سوراخدار به قطر ۲ میلی متر

نمودار ۴-۱۷: مقایسه میزان افت الحاقی در سایلنسر ها با قطر روزه ۴، ۲ و ۶ میلی متر در وضعیت دمش



## یافته ها

۴-۱۰: بررسی عملکرد سایلنسر ها با پوسته ۲ میلی مترو جاذب اسفنج و ورق سوراخدار با قطر روزنه ۲، ۴ و ۶ در وضعیت دمش

نتایج بررسی عملکرد قطر روزنه ورق سوراخدار با پوسته قطر ۲ میلی متر و جاذب اسفنج در وضعیت دمش نشان

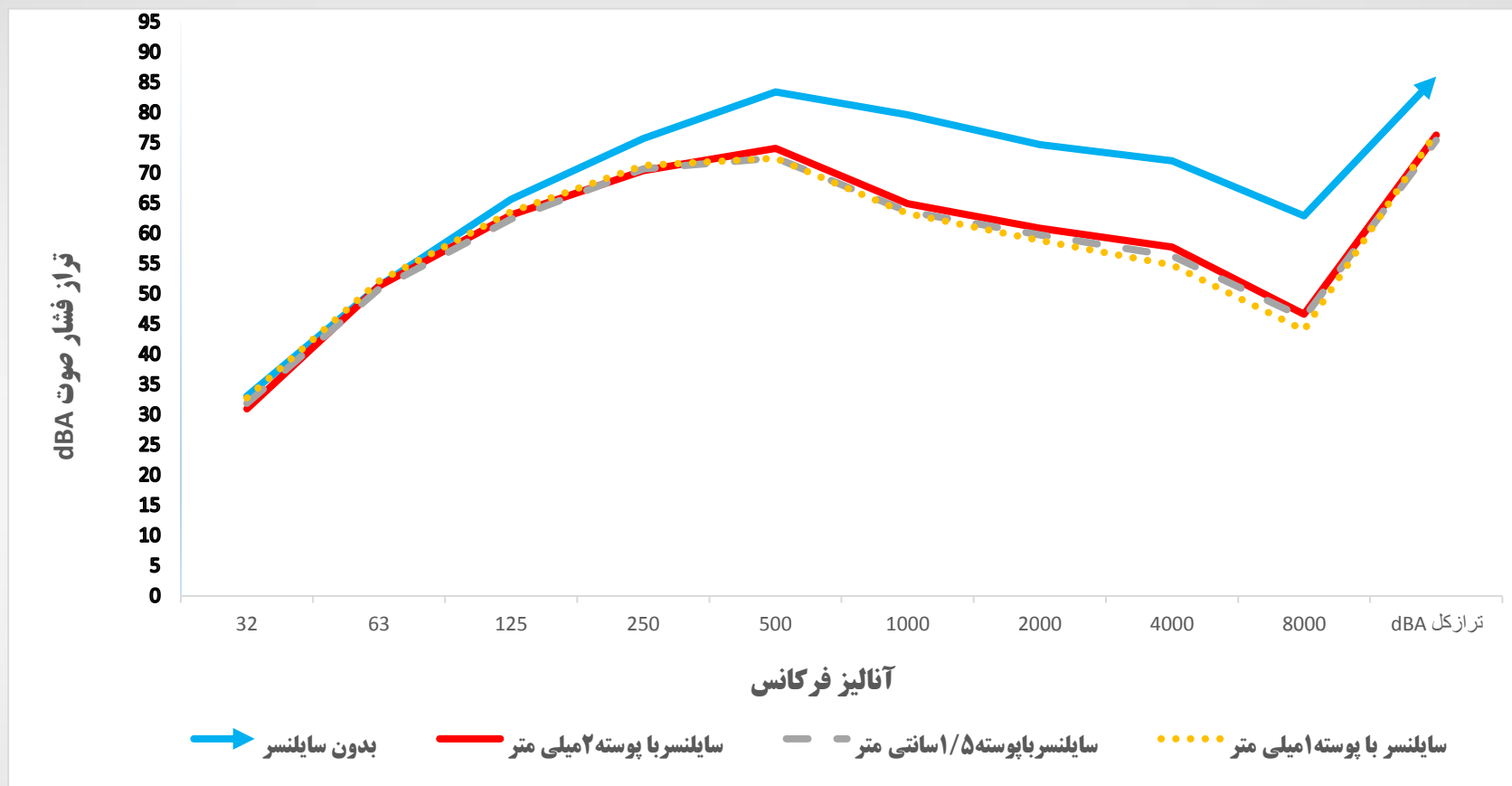
داد که عملکرد سایلنسر با ورق سوراخدار با قطر سوراخ ۶ میلی متر در فرکانس های بالای ۱۰۰۰ هرتز دارای

عملکرد بهتر بوده است، اما بهترین عملکرد مربوط به سایلنسر با ورق سوراخدار با قطر سوراخ ۴ میلی متر در

فرکانس ۵۰۰ با میزان افت  $34/54$  dBA بوده است (نمودار ۴-۱۶ و ۴-۱۷).

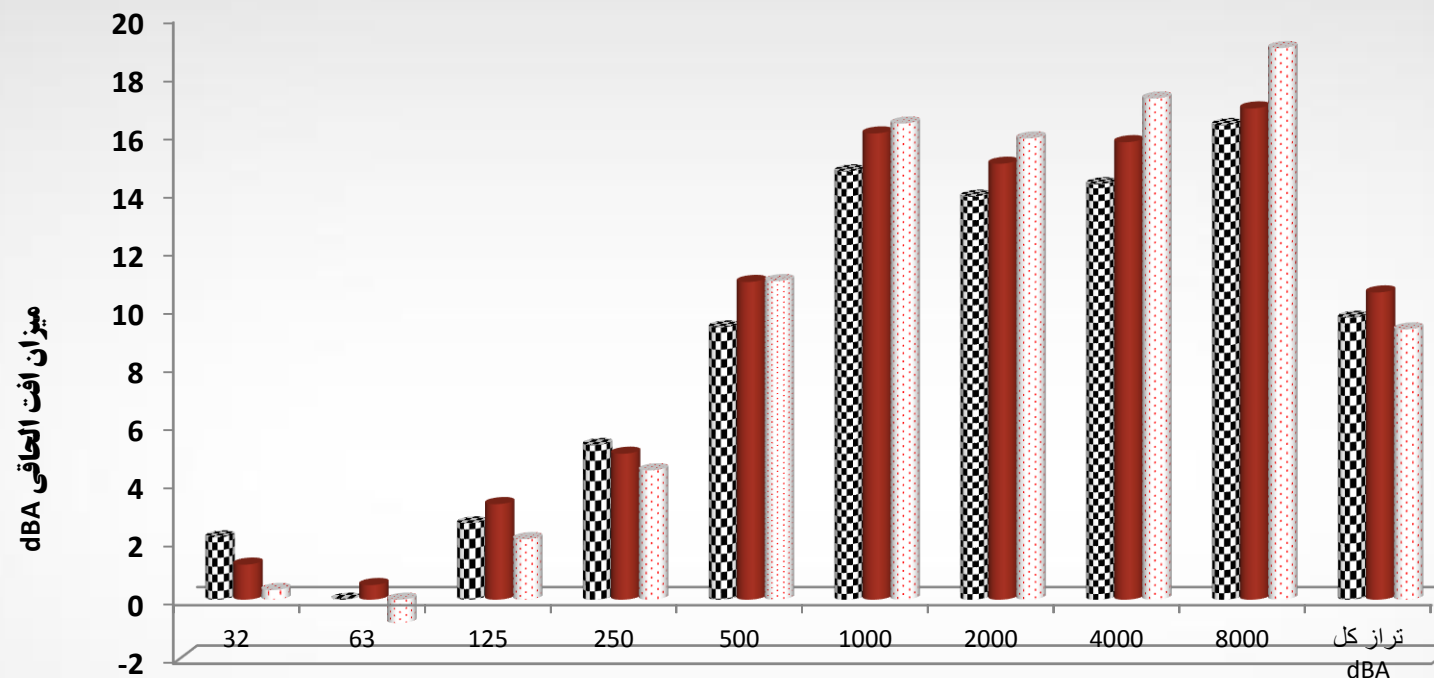


## یافته ها



نمودار ۴-۱۸: مقایسه عملکرد سایلنسر با پوسته به ضخامت ۱/۵ و ۲ و ورق سوراخدار به قطر روزنه ۶ میلی متر و جاذب فوم پلی یورتان در وضعیت مکش

## یافته ها



آنالیز فرکانس اکتاو

سایلنسر با پوسته ۱/۵ و ورق سوراخدار با روزنه به قطر ۶ میلی متر ■  
سایلنسر با پوسته ۲ و ورق سوراخدار با روزنه به قطر ۶ میلی متر ▨  
سایلنسر با پوسته ۶ و ورق سوراخدار با روزنه به قطر ۶ میلی متر ▤

نمودار ۴-۱۹: مقایسه میزان افت الحاقی در سایلنسر با پوسته ۱/۵، ۲ و ورق سوراخدار به قطر روزنه ۶ میلی متر و جاذب فوم پلی یورتان در وضعیت مکش



## یافته ها

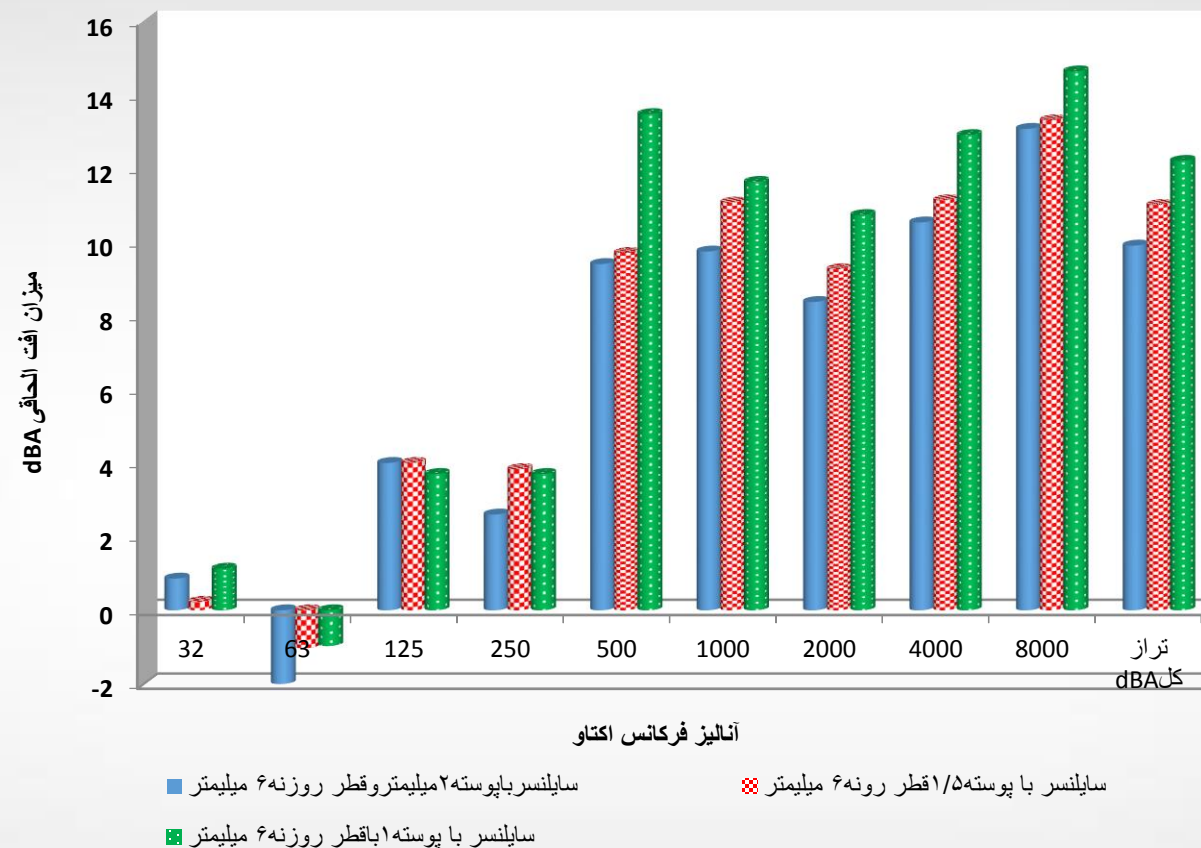
۴-۱۱: بررسی عملکرد سایلنسر با پوسته به ضخامت ۱، ۵/۱ و ۲ و ورق سوراخدار به قطر روزنه ۶ میلی متر و جاذب فوم پلی یورتان در وضعیت مکش

نتایج بررسی عملکرد سایلنسر با پوسته به ضخامت ۱، ۵/۱ و ۲ میلی متر و ورق سوراخدار به قطر روزنه ۶ میلی متر با جاذب فوم پلی یورتان در وضعیت مکش، نشان داد که عملکرد سایلنسر با پوسته به ضخامت ۱ میلی متر در فرکانس-های بالای ۵۰۰ هرتز دارای عملکرد بهتری بوده است (جدول ۴-۱۰ و نمودار ۴-۱۹).





## یافته ها



نمودار ۴-۲۰: مقایسه میزان افت الحاقی در سایلنسر با ضخامت پوسته ۱، ۵/۱ و ۲ و ورق سوراخدار به قطر روزنه ۶ میلی متر و جاذب فوم پلی یورتان در وضعیت دمش



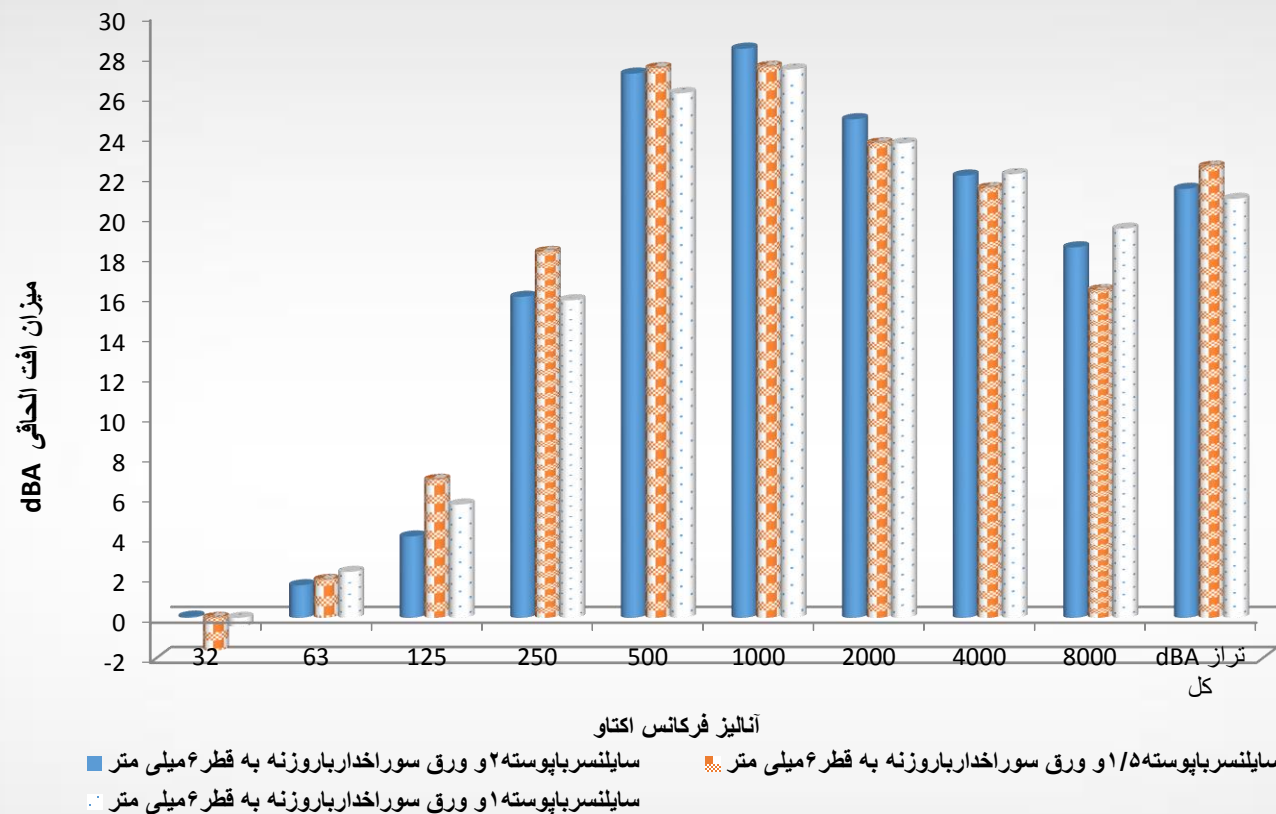
## یافته ها

۴-۱۲: بررسی عملکرد سایلنسر با پوسته به ضخامت ۱/۵ و ۲ و ورق سوراخدار به قطر روزنه ۶ میلی متر و جاذب فوم پلی یورتان در وضعیت دمش

نتایج بررسی عملکرد سایلنسر با پوسته به ضخامت ۱/۵ و ۲ و ورق سوراخدار به قطر روزنه ۶ میلی متر و جاذب فوم پلی یورتان در وضعیت دمش نشان داد که عملکرد سایلنسر با پوسته به ضخامت ۱ میلی متر در کلیه فرکانس های بالای ۵۰۰ هرتز دارای عملکرد بهتر بوده است (نمودار ۴-۲۰).



## یافته ها



نمودار ۴-۲۱: مقایسه میزان افت الحاقی در سایلنسر ها با ضخامت پوسته ۱/۵ و ۲ با ورق سوراخدار به قطر روزنه ۶ میلی متر و جاذب اسفنج در وضعیت مکش.



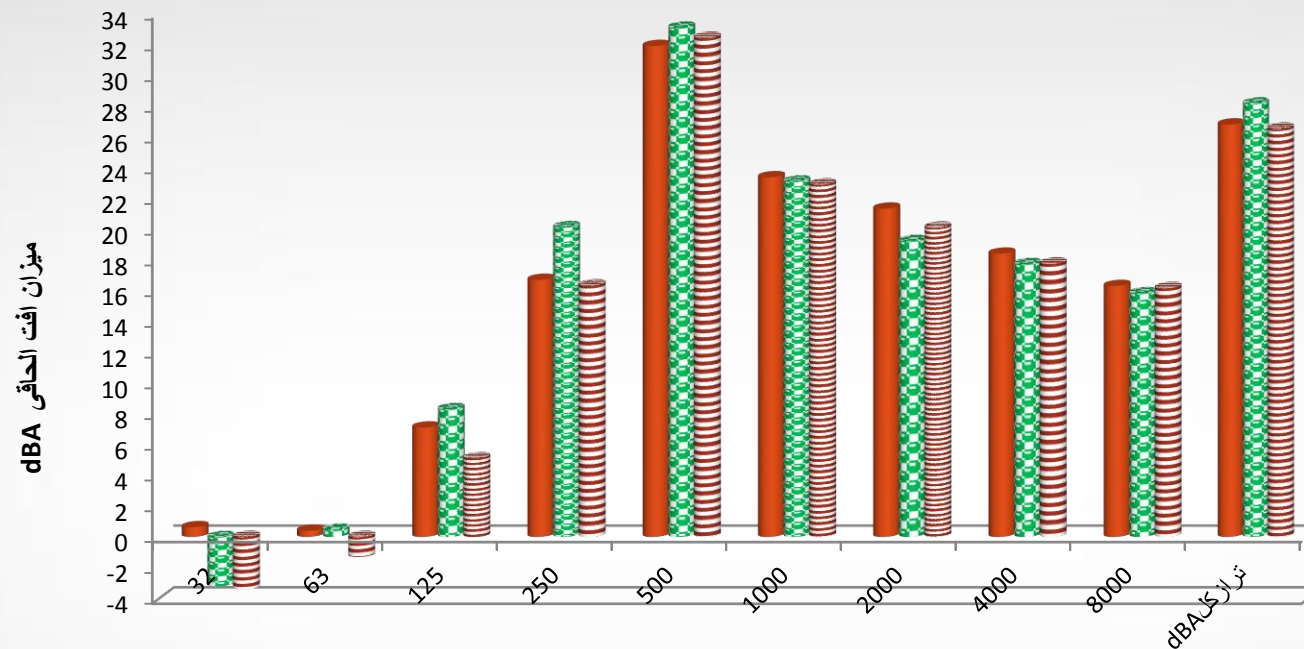
## یافته ها

۴-۱۲: بررسی عملکرد سایلنسر با ضخامت پوسته ۱، ۵/۱ و ۲ با ورق سوراخدار به قطر روزنه ۶ میلی متر و جاذب اسفنج در وضعیت مکش

نتایج بررسی عملکرد ضخامت پوسته با جاذب اسفنج در وضعیت مکش نشان داد که عملکرد سایلنسر در فرکانس های ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز با پوسته با ضخامت ۲ میلی متر بهتر بوده است و در فرکانس های ۵۰۰ و زیر ۵۰۰ هرتز سایلنسر با پوسته به ضخامت ۵/۱ میلی متر دارای عملکرد بهتر بوده است (نمودار ۴-۲۱).



## یافته ها



آنالیز فرکانس اکتاو

سایلنسر بایو سته ۲ و ورق سوراخدار با روزنه به قطر ۶ میلی متر  
 سایلنسر بایو سته ۱/۵ و ورق سوراخدار با روزنه به قطر ۶ میلی متر  
 سایلنسر بایو سته ۱ و ورق سوراخدار با روزنه به قطر ۶ میلی متر

۴-۲۲: مقایسه میزان افت الحاقی در سایلنسر با ضخامت پوسته ۱، ۵/۱ و ورق سوراخدار به قطر روزنه ۶ میلی متر و جاذب اسفنج در وضعیت دمشی



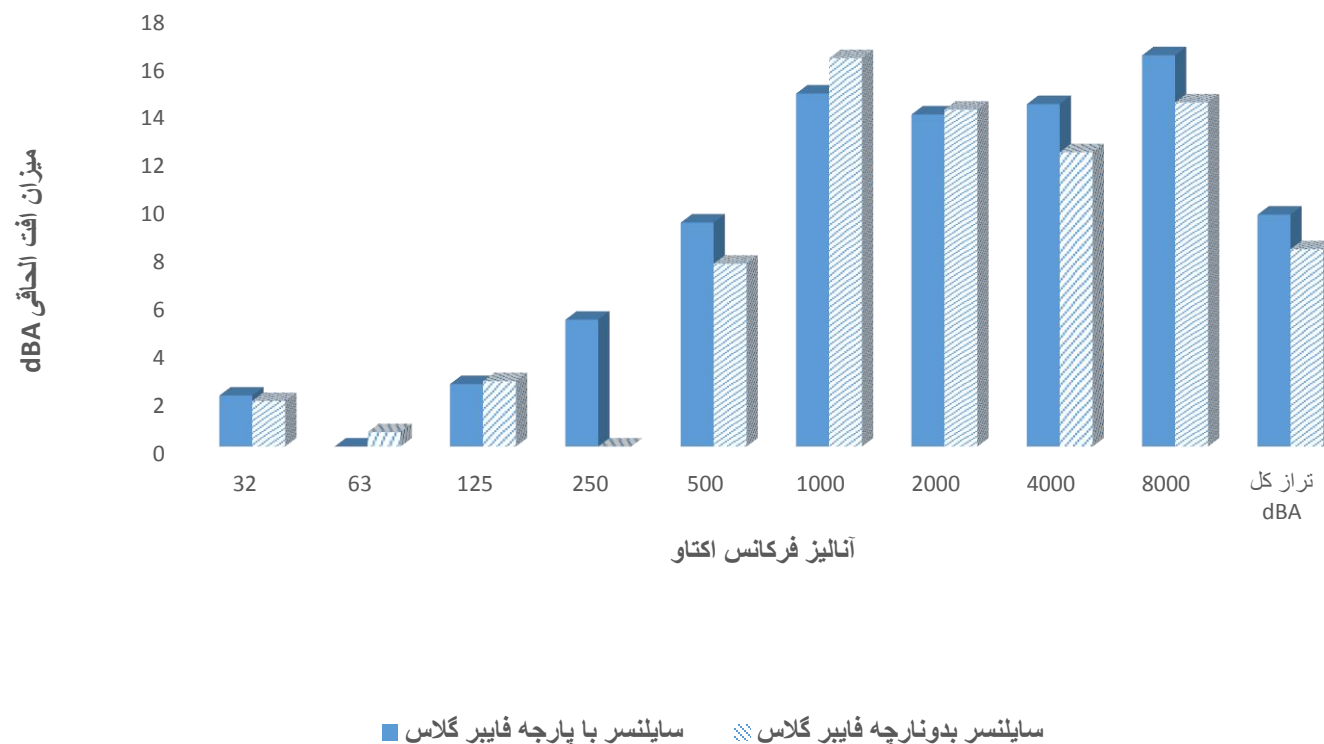
## یافته ها

۴-۱۳: بررسی سایلنسر با ضخامت پوسته ۱/۵، ۱ و ۲ و ورق سوراخدار به قطر روزنه ۶ میلی متر و جاذب اسفنج در وضعیت دمش

نتایج بررسی عملکرد سایلنسر با ضخامت پوسته ۱، ۵/۱ و ۲ و ورق سوراخدار به قطر روزنه ۶ میلی متر و جاذب اسفنج در وضعیت دمش نشان داد که عملکرد سایلنسر در فرکانس های بالای ۱۰۰۰ هرتز با پوسته به ضخامت ۲ میلی متر بهتر بوده است و در فرکانس های زیر ۵۰۰ هرتز سایلنسر با پوسته ضخامت ۱/۵ میلی متر دارای عملکرد بهتر بوده است (نمودار ۴-۲۲).



## یافته ها



۴-۲۳: مقایسه میزان افت الحاقی در سایلنسر با و بدون پارچه فایبر گلاس با ضخامت پوسته ۲ میلی متر، قطر روزنه ۶ میلی متر و جاذب فوم پلی یورتان در وضعیت مکش



## یافته ها

۴-۱۴: بررسی عملکرد سایلنسر با و بدون پارچه فایبرگلاس با ضخامت پوسته ۲ میلی متر، قطر روزنه ۶ میلی متر و جاذب فوم پلی یورتان در وضعیت مکش

نتایج بررسی عملکرد سایلنسر با و بدون پارچه فایبرگلاس با ضخامت پوسته ۲ میلی متر، ورق سوراخدار با قطر روزنه ۶ میلی متر و جاذب فوم پلی یورتان در وضعیت مکش نشان داد که عملکرد سایلنسر با پارچه فایبرگلاس در فرکانسهای ۵۰۰، ۴۰۰ و ۸۰۰۰ تاثیر مثبت داشته و عملکرد سایلنسر با پارچه فایبرگلاس در این فرکانسها حدود ۲ دسی بل افت را نشان می دهد، و در فرکانسهای ۲۰۰ و ۵۰۰ هرتز عملکرد بدون پارچه فایبرگلاس بهتر بوده است، گرچه این تاثیر گذاری اندک می باشد (نمودار ۴-۲۳).





## بحث

➤ متوسط تراز فشار صوت قبل و بعد از نصب سایلنسر در فاصله ۲۵ سانتیمتری در سه نقطه ثابت طراف کانال در وضعیت های دمش و مکش اندازه گیری شد که متوسط تراز فشار صوت در وضعیت دمش ۹۴/۵ dBA برای قبل از نصب سایلنسر و همچنین در وضعیت مکش ۸۵/۹۷ dBA برای قبل نصب سایلنسر می باشد. در جداول ۴-۲۴ و ۴-۲۵ عملکرد سایلنسر ها با جاذب فوم پلی یورتان و اسفنج در وضعیت های دمش و مکش آمده است .



## بحث

## جدول ۴-۲۴: عملکرد سایلنسر ها در وضعیت دمش و مکش با جاذب فوم پلی یورتان

dBa میزان افت الحاقی		ضخامت پوسته خارجی (میلی متر)	قطر روزنه ورق سوراخدار (میلی متر)	نوع سایلنسر
در وضعیت مکش	در وضعیت دمش			
۸/۴۴	۱۱/۹	۱	۲	سایلنسر با جاذب فوم
۱۱/۲۳	۱۱/۴۷	۱/۵	۲	سایلنسر با جاذب فوم
۸/۷۷	۹/۴۴	۲	۲	سایلنسر با جاذب فوم
۸/۷۷	۱۱/۶۷	۱	۴	سایلنسر با جاذب فوم
۱۰/۵۴	۱۱	۱/۵	۴	سایلنسر با جاذب فوم
۱۰/۹۱	۱۰/۶	۲	۴	سایلنسر با جاذب فوم
۹/۲۷	۱۲/۲	۱	۶	سایلنسر با جاذب فوم
۱۰/۵۴	۱۱	۱/۵	۶	سایلنسر با جاذب فوم
۹/۶۷	۹/۹	۲	۶	سایلنسر با جاذب فوم



## بحث

## جدول ۴-۲۵: عملکرد سایلنسر ها در وضعیت دمش و مکش با جاذب اسفنج

dBA میزان افت الحاقی		ضخامت پوسته خارجی (میلی متر)	قطر روزنه ورق سوراخدار (میلی متر)	نوع سایلنسر
در وضعیت مکش	در وضعیت دمش			
۲۱/۳	۲۷/۸۳	۱	۲	سایلنسر با جاذب اسفنج
۲۲/۴۷	۲۸/۴۴	۱/۵	۲	سایلنسر با جاذب اسفنج
۲۱/۵۴	۲۷/۳	۲	۲	سایلنسر با جاذب اسفنج
۲۰/۷۴	۲۶/۸۳	۱	۴	سایلنسر با جاذب اسفنج
۲۱/۹۷	۲۷/۹۳	۱/۵	۴	سایلنسر با جاذب اسفنج
۲۰/۷۷	۲۷/۶	۲	۴	سایلنسر با جاذب اسفنج
۲۰/۸۷	۲۶/۵۳	۱	۶	سایلنسر با جاذب اسفنج
۲۲/۴۷	۲۷/۸۷	۱/۵	۶	سایلنسر با جاذب اسفنج
۲۰/۹۳	۲۶/۸	۲	۶	سایلنسر با جاذب اسفنج



## بحث

در بررسی های انجام گرفته توسط Selamat و همکاران در سال (۲۰۰۵) که کاهش صدا در سایلنسرهای پر شده با فیبرهای رشته ای به صورت تئوری و آزمایشگاهی مورد بررسی قرار داده اند نتایج نشان داد مواد جاذب افت انتقال را افزایش می دهد (۶۲).

نتایج بدست آمده با نتایج مطالعه ما که بیشترین میزان افت انتقال در این سایلنسر مربوط به جاذب ها است، همخوانی دارد.



## بحث

اگرچه میزرا حسینی نژاد و همکاران در سال (۲۰۱۴) در مطالعه خود جهت کنترل صدای ناشی از پمپ کولینگ تاور با طراحی و ساخت سایلنسر جذبی موفق به کنترل صدا در حد 45 دسی بل شدند اما استفاده از پشم شیشه همراه با ایجاد مخاطرات بهداشتی می- باشد. ضمن اینکه وزن سایلنسر ساخته شده بسیار بالا و با هزینه بیشتری همراه می باشد (۶۳).

نتایج بدست آمده با نتایج مطالعه ما که با جایگزینی و استفاده از ورق آلومینیوم بجای ورق آهن سیاه که منجر به سبک سازی حداقل ۳۰ الی ۴۰ درصدی سایلنسر ساخته شده در بخش پوسته خارجی شده و همچنین استفاده از جاذب های فوم پلی یورتان و اسفنج بجای جاذب پشم شیشه، با مخاطرات بهداشتی کمتر، مشکل و ضعف سایلنسر ساخته شده توسط میزا حسینی و همکاران را تا حد زیادی برطرف نموده است.



## بحث

در مطالعه ای Selamet و همکاران (۲۰۰۳) روی سایلنسر جذبی با لوله پانچ شده انجام دادند، بررسی اثر درصد تخلخل لوله پانچ شده نشان داد با افزایش درصد تخلخل لوله پانچ شده تا 50 درصد میزان افت انتقال نیز افزایش پیدا می کند و در فرکانس 2000 هرتز به بیشترین میزان خود میرسد.

نتایج بدست آمده با نتایج مطالعه ما که بیشترین میزان افت الحاقی در بازه فرکانسی 500 تا 2000 هرتز بین ۳۴/۵۴ و ۲۲/۸ dBA با استفاده از جاذب اسفنج می باشد، همخوانی دارد.



## بحث

یوسفی و همکاران سال (۱۳۹۳) مطالعه‌ای با عنوان بررسی تاثیر استفاده از سایلنسر جذبی در کاهش صدای فرکانس پائین فن محوری ایرانی انجام دادند. در این مطالعه با افزایش میزان ضخامت ماده جاذب تغییر چندانی در کاهش صدا وجود نداشت، اما با افزایش چگالی نتایج بهتری در میزان کاهش تراز فشار صوت حاصل شد (۴۱). نتایج این بخش از مطالعه یوسفی و همکاران در خصوص عملکرد چگالی با نتایج مطالعه ما که بیشترین میزان افت انتقال مربوط به جاذب اسفنج با چگالی ۱۷/۷ کیلوگرم بر متر مکعب نسبت به جاذب فوم پلی یورتان با چگالی ۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب می باشد، همخوانی ندارد، (جداول ۲-۴ و ۳-۴).



## بحث

شجاعی فرد و همکاران سال ۱۳۹۰ مطالعه‌ای با عنوان مدل المان مرزی و تحلیلی برای انتقال صوت از پوسته مافلر خودرو انجام دادند نتایج بدست آمده نشان می‌دهد با افزایش ضخامت پوسته مافلر میزان افت انتقال افزایش می‌یابد (۶۴). نتایج مطالعه شجاعی فرد و همکاران در این بخش که با افزایش ضخامت پوسته، میزان افت الحاقی افزایش می‌یابد، و در بررسی عملکرد سایلنسر با پوسته‌های به ضخامت‌های مختلف، نشان داد که سایلنسر با پوسته به ضخامت ۱ میلی‌متر بهتر از مابقی سایلنسر ها با پوسته به ضخامت ۱/۵ و ۲ میلی‌متر بوده است و با مطالعه انجام شده توسط شجاعی فرد همخوانی ندارد، ( جداول ۲-۴ و ۳-۴).





## بحث

Phong و همکاران در سال (۲۰۱۲) مطالعه‌ای با عنوان کاهش انتقال آکوستیکی در ورق‌های سوراخدار با ضخامت، اندازه سوراخ و درصد تخلخل مختلف انجام دادند و دریافتند که ارتباط قوی بین کاهش انتقال با ضخامت ورق سوراخدار، قطر روزنه و درصد تخلخل را نشان نمی‌دهد. مطالعه Phong و همکاران در خصوص تأثیر کم وجود روزنه و قطر روزنه ورق سوراخدار بر میزان افت انتقال با مطالعه‌ی انجام شده همخوانی دارد، (نمودارهای ۴-۱۱، ۴-۱۳، ۴-۱۵ و ۴-۱۷).



## بحث

Youngjoo و همکاران در سال (۲۰۰۷)، طی مطالعه‌ای به بررسی امکان استفاده از پارچه میکرو فیبر به عنوان جاذب صدا پرداخته اند، نشان دادند تاثیر دانسیته پارچه میکروفیبر در کاهش صدا بیشتر از ضخامت پارچه و یا وزن آنست.

در این مطالعه گرچه استفاده از پارچه فایبرگلاس تاثیر چندانی در افت الحاقی نداشته، اما کارایی آن در فرکانس های پایین مشهودتر است، بدلیل اینکه بیشترین کاهش افت الحاقی را در فرکانس ۱۲۵ هرتز حدود ۳ دسی بل داشته است و این میزان کاهش در یک سایلنسر، کاهش براساس داده های جدول لاند داکت و تجربیات بدست آمده نیاز به افزایش طول سایلنسر جذبی است، بسیار حائز اهمیت است.



## نتیجه گیری کلی

نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد که با طراحی صحیح و با استفاده از جاذب های مناسب، تغییر در جنس جاذب و دیگر عوامل تاثیر گذار می‌توان به شرایط بهینه‌ای جهت کاهش صدای ناشی از جریان هوا در خروجی‌ها دست یافت، اگر چه میزان اثر گذاری این پارامترها در کاهش میزان افت تراز فشار صوت یکسان نیست و بیشترین تاثیر گذاری را جاذب ها داشتند که در این مطالعه با طراحی و ساخت سایلنسر جذبی پانچ شده موفق به کاهش آلودگی صوتی به میزان  $34/54 \text{ dBA}$  با جاذب اسفنج در فرکانس  $500$  هرتز در وضعیت دمش گردیده است و کارایی جاذب اسفنج به مراتب بهتر از جاذب فوم پلی‌یورتان است. لذا با در نظر گرفتن نوع کاربری و مکان استفاده و صرفه اقتصادی می‌توان نسبت به طراحی و ساخت سایلنسر بهینه دست یافت.



## پیشنهادهات

### پیشنهادهای اجرایی و پژوهشی

- ۱- مدل سازی با استفاده از نرم افزارهایی مانند comsol و inventor و دیگر نرم افزار های مربوطه سپس تست و آزمایش کردن آنها بصورت آزمایشگاهی و تجربی.
- ۲- طراحی و ساخت سایلنسر های مختلف با طول و قطر های مختلف.
- ۳- تغییر جنس جاذب و استفاده از جاذب های کم خطر نان وون مانند نمد و ..



## پیشنهادهات

### پیشنهادهای اجرایی و پژوهشی

۴- استفاده و بکار گیری موادی بعنوان لایه های مختلف در ساخت سایلنسر مخصوصا استفاده از موادی بعنوان جادب که در مقابل فرسایش مقاومت بیشتری را داشته باشند.

۵- استفاده از موادی کارایی یکسان دارنداما از نظر صرفه اقتصادی ، مقرون به صرفه هستند.



## تشکر و قدردانی..

مراتب سپاس و قدردانی خویش را به محضر استاد گرانقدر و اخلاق مدار آقای دکتر علی صفری که در نهایت سعه صدر و خالصانه، همواره با حمایت ها و رهنمودهای ارزشمند و سازنده، اینجانب را در انجام این پایان نامه مورد محبت خویش قرار داده اند، ابراز می دارم.

همچنین از حمایت های ارزنده اساتید گرانقدر آقایان دکتر سعید احمدی و دکتر احمد نیک پی بعنوان اساتید مشاور که در کلیه مراحل تحقیق با راهنمایی و مشاوره های اندیشمندانه خود برای تکمیل و ارتقاء کیفیت این رساله کمک موثری داشتند، نهایت تشکر و قدردانی را به جای آورم.



## تشکر و قدردانی..

تشکر ویژه خود را از استاد گرانقدر خانم دکترورمز یا ر، خانم دکتر زراوشانی و جناب آقای دکتر شریف حسینی و جناب آقای دکتر محمدی که با کمال صبر و نهایت سخاوت، دانسته های خویش را در اختیار بنده گذاشتند، اعلام می دارم.

از خانواده عزیز و گرامی ام که در طول تحصیل همواره سنگ صبور و حامی من بودند و سعی کردند که من دغدغهای به جز کسب علم و دانش نداشته باشم ممنون و سپاسگزارم و از خداوند بزرگ سلامتی، پیشرفت و بهروزی برایشان آرزومندم.

و کمک های دانشجویان گرامی جناب آقای مهرداد کشاورز، جناب آقای محمد سلیمان آبادی که به هیچ مضایقه ای مرادر این راه همراهی کردند از کارشناسان محترم دانشکده سرکار خانم مهندس موسوی، خانم یعقوبی و خانم سلیمانی تشکر می کنم.







ایمان

با شکر از توجه شما